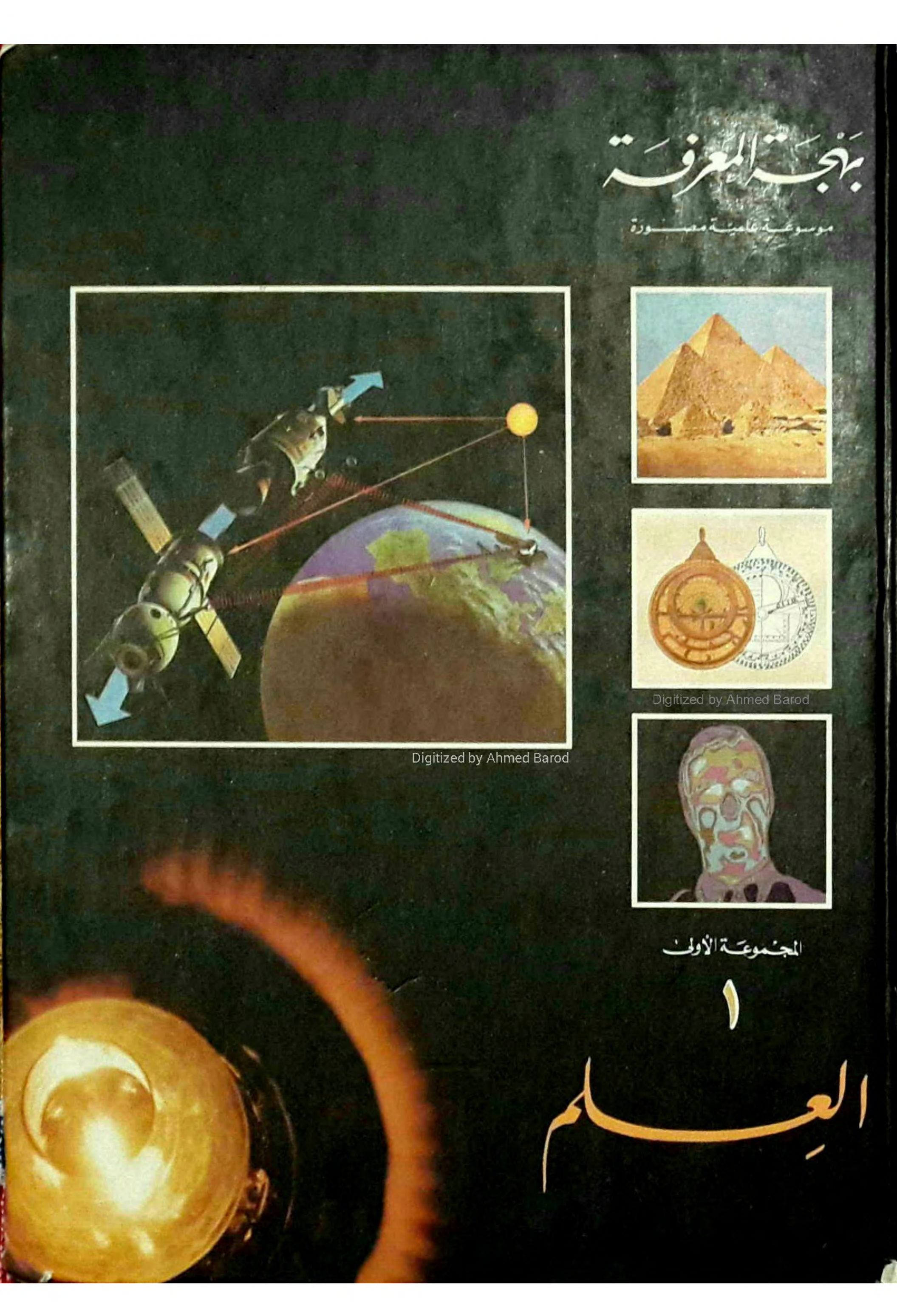
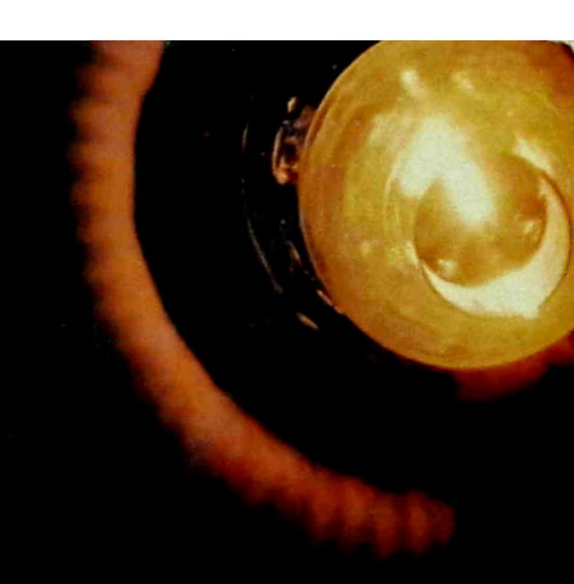

بهجة المعرفة
موسوعة علمية مصورة
المجموعة الأولى
١
العلم


نجيب محفوظ
المجموعة الأولى
١
العِلم
الشركة العامة للنشر
والتوزيع والاعلان



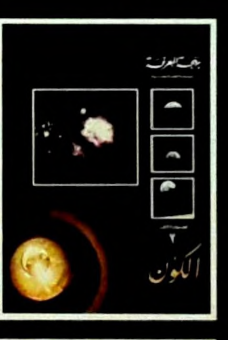
هذه الموسوعة

لأول مرة في لغتنا العربية.
لأول مرة في تاريخنا بأسره.
تصدر لدينا موسوعة مصورة ومعدة فعلاً على مستوى العمل الموسوعي.
لم يكن بوسعنا ان نتجاهل هذا النقص في مكتبتنا العربية. ولم يكن من خطتنا أن نوفيه بأي عمل لا يجاري مستويات الموسوعات الحديثة في اكثر لغات العالم تقدما.
وقد أنفقنا بعض الوقت ونحن نبحث جاهدين عما يدعى عادة باسم "الحل الوسط"، لكن البحث نفسه لم يعلمنا شيئاً سوى انه ليس ثمة حل وسط لأداء أي عمل جدي.
فماذا فعلنا ؟
سؤال بديهي حقا. لكن اجابته الصحيحة لا تقع في نطاق هذه المقدمة وحدها أو هذا الكتاب كله. انها تقع في عشرة مجلدات تضم حوالى أربعة آلاف صفحة وأكثر من عشرة آلاف صورة. وجهد خمسمائة محرر ورسام طوال أربع سنوات كاملة.

الصادق النيهوم

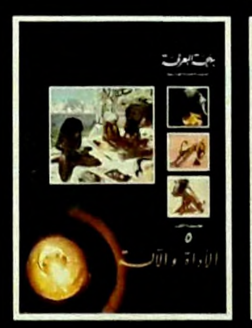
المجموعة الأولى







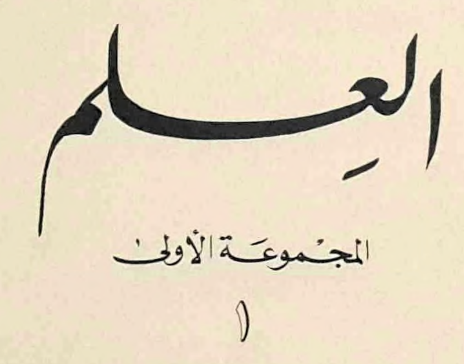




بسم الله الرحمن الرحيم

بهجة المعرفة

موسوعة علميّة مصوّرة



المجموعة الأولى

١



○

Derived from the Joy of Knowledge «TM» Services

The Publishers declare that an important part of the illustrations was derived from the I. V. R. Artwork Bank © 1974



فهرس



متفرقات

« اقرأ ايضاً »
معجم المصطلحات العلميّة

هـذه الموسوعـة

لأول مرة في لغتنا العربية .

لأول مرة في تاريخنا بأسره ، تصدر عندنا موسوعة مصورة ومعدة فعلاً على مستوى العمل الموسوعي .

لم يكن بوسعنا أن نتجاهل هذا النقص في مكتبتنا العربية ، ولم يكن من خطتنا أن نوفيه بأي عمل لا يجاري مستويات الموسوعات الحديثة في اكثر لغات العالم تقدماً . وقد انفقنا بعض الوقت ونحن نبحث جاهدين عما يدعى عادة باسم « الحل الوسط » ، لكن البحث نفسه لم يعلّمنا شيئاً سوى أنه ليس ثمة حل وسط لأداء أي عمل جدي .

وذهبنا الى القمة .

اتصلنا بدور النشر شرقاً وغرباً ، وفحصنا اعمالهم بكل ما في حوزتنا من رغبة في التدقيق ، واخترنا أفضل ـ واحدث ـ عمل بينها ، ثم اندفعنا نفاوض على حقوق نشره في ملحمة مرهقة ، وغريبة بعض الشيء عن عالم منتجي الموسوعات في الغرب . فلم نكن نفاوض على الثمن ، بل على حقنا في تنقيح المادة ، وكان ذلك الطلب يدهشهم ـ احياناً ـ أكثر مما نتمنى .



بالتدريج تعلمنا أن نشرح لهم موقفنا . بالتدريج بدأنا نقنعهم بأننا لا نريد أن ننقل عملهم الى اللغة العربية ، بل نريد ان نعدَّ لانفسنا موسوعة عربية تخصنا ، وتعكس روحنا وبيئتنا وذوقنا ، وترى الاشياء من وجهة نظرنا ، اذا كان لا بد أن تراها من وجهة نظر أمة ما .

وتقبَّلوا فكرتنا في دار ميتشل بيزلي ذات الدور الرائد في ابتكار الموسوعات المصورة ، وانفتح الباب الذي ظل مغلقاً طوال تاريخنا القديم والحديث على حد سواء ، وبدأنا بالعمل لتقديم اول انتاج موسوعي متكامل في لغتنا العربية ، بعد ان تقررت خطة التنفيذ خلال جلسة شبه عائلية بين ثلاثة من المسئولين عن التنفيذ .

في تلك الجلسة تقرر اولا اننا سنواجه مشكلة صعبة في نقل المصطلحات الى حد قد يدعونا احياناً الى استعمال الكلمة اللاتينية حرفياً . وبالنسبة لهذه النقطة ، كان الحل الوحيد لدينا هو أن نوكل الترجمة الى اساتذة جامعيين في المادة نفسها ، وليس فقط الى مجرد مترجمين ، في محاولة حافلة بالتوقعات لحمل الخبير العربي على مواجهة مشاكل لغته المعاصرة ، واشراكه في مسئولية البحث عن الكلمة الأفضل والاكثر قرباً الى روح ثقافتنا وشخصيتنا .

ابعد من ذلك لم يكن بوسعنا ـ ولم يكن من حقنا أصلاً ـ أن نمضي شبراً واحداً . فنحن لا نتصدى لكتابة لغة جديدة للعرب ، بل لتسجيل معلومات جديدة في لغتهم ، وهي اقصى مهمة تستطيع أية موسوعة أن تؤديها .

في تلك الجلسة تقرر أيضاً أن الترجمة على أي حال ليست هي وحدها كل المشكلة . فمنهج التحرير نفسه في تغطية مواد الموسوعة الانجليزية منهج لا يلبي جميع احتياجاتنا . أنه يهيىء لنا مادة علمية ممتازة العرض والتنسيق في مجلدات « الكون » و « الأرض » و « الحياة » ، لكن اهتماماته في مجلدات اخرى مثل « الانسان والمجتمع » ، و « مسيرة



من مواضيع المجلد :
- النظرية الذرية
- الحرارة والضوء والصورة
- الكهرباء
- الكيمياء . . .

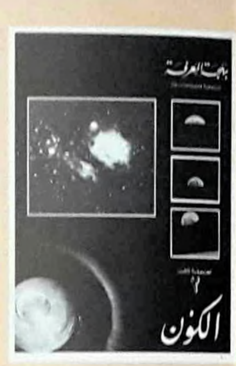
الحضارة » ، لا تغطي كثيراً مما يهمنا نحن في الدرجة الأولى .

بالنسبة لهذه النقطة كان الحل لدينا هو أن نعيد اخراج الموسوعة بأسرها في مجموعتين : -

المجموعة الأولى موجهة لتغطية ميادين العلوم الطبيعية المعاصرة في المجلدات الخمسة التالية :

١) العلم
٢) الكون
٣) الأرض
٤) الحياة
٥) الاداة والآلة

وصفة هذه المجموعة انها تتعامل مع حقائق علمية مجردة . ودورنا فيها هو اننا



- علوم الفضاء
- المجموعة الشمسية
- النجوم وخرائط النجوم
- الانسان والفضاء . . .



- تركيب الارض
- البحار والمحيطات
- المناخ والطقس
- مصادر الغذاء والطاقة . . .



- كيف بدأت الحياة ؟
- النبات
- الحشرات والسمك
- الطيور والثدييات . . .



- وسائل النقل
- الاسلحة
- الهندسة
- الصناعات الكيميائية . . .

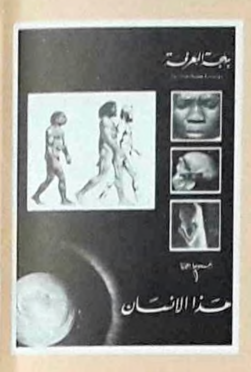
نقلنا جميع معلوماتها بأمانة ودقة . وما نتوقعه منها هو أن تسد الثغرة الهائلة - والشديدة الوضوح - في مكتبتنا العربية في ما يخص حقل المعرفة المصورة بالذات .

المجموعة الثانية موجهة لتغطية ميادين العلوم الانسانية في خمسة مجلدات اخرى هي :

١) هذا الانسان
٢) الانسان والمجتمع
٣) مسيرة الحضارة مجلد أول
٤) مسيرة الحضارة مجلد ثان
٥) مسيرة الحضارة مجلد ثالث

وصفة هذه المجموعة أن خطة تحريرها بحكم طبيعة العلوم الانسانية نفسها خطة لا يمكن اداؤها من جانبين مختلفين في وقت واحد . فمنهج المحرر الاوربي هو أن ينظر الى ميادين العلوم الانسانية في أوربا ، ويركز بحوث النص على قضايا المجتمع والتاريخ فيها ، مقابل أن يكتفي بتغطية شبه عامة لمعظم ما يقع خارج هذا الاطار . ومشكلتنا نحن في الطرف الاخر أن هذا المنهج يلزمنا بتفاصيل لا نحتاج اليها عن اوربا ، ويحرمنا معلومات اساسية نحتاج اليها اكثر عن مجتمعنا وتاريخنا وطبيعة قضايانا التي نتعامل معها . وكأن الأمر كله بالنسبة لنا مجرد دعوة للاختيار بين أن ننقل المجموعة الى اللغة العربية وبين ان نعدّ لانفسنا مجموعة عربية تخصنا .

هذه المرة لم تكن مشكلتنا ان نجد حلاً ، بل أن نتفق على اتخاذ قرار . وقد اعترانا التردد ، وارتفعت اصواتنا بعض الشيء ، ونحن نعدد لانفسنا انواع المصاعب والاحتمالات ، لكن ذلك فيما يبدو مجرد

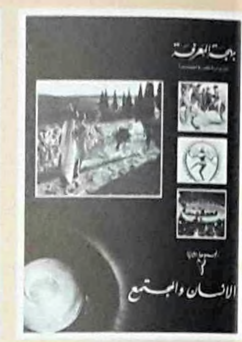


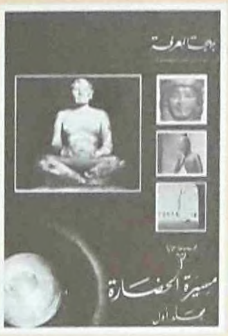
من مواضيع المجلد :
- قصة التطور
- كيف يعمل جسدك وينمو ؟
- الصحة والمرض
- مراحل العمر المختلفة . . .

جزء متوقع من أية جلسة مخصصة لاتخاذ قرارات صعبة . فقد انتهى الأمر بيننا بالاتفاق على أي حال ، واتفقنا جميعاً على اختيار الطريق الأطول والأكثر تعقيداً .

رأينا أن نعيد توزيع النص . أن نتدخل لتنقيح المادة . أن نحذف . أن نضيف . ورأينا أن ذلك يعني في الواقع اننا سنعدُّ كثيراً من فصول هذه المجموعة بأنفسنا ، مما يتطلب بدوره أن نلتزم أيضاً بالمستوى الرفيع - والمبتكر - لاخراج النص في نسخته الاصلية . فماذا فعلنا ؟ قمنا بتقسيم مواد المجموعة الثانية الى ثلاثة اقسام : -

القسم الأول : دراسة علمية منفصلة من مجلدين ، احدهما يضم معظم المعلومات المتوفرة الآن عن الانسان وتطوره ، ووظائف اعضائه وتشريح











- عن الموت والحياة
- الانسان والدين
- السياسة
- القانون . . .

- نشأة المجتمعات
- امبراطوريات العالم القديم
- ظهور الاسلام
- المغول في بغداد . . .

- اوربا في القرن الرابع عشر
- اكتشاف امريكا
- العثمانيون
- مطلع عصر الاستعمار . . .

- استعمار العالم العربي
- الحرب العالمية الاولى
- حركات التحرير في العالم العربي
- الحرب العالمية الثانية . . .

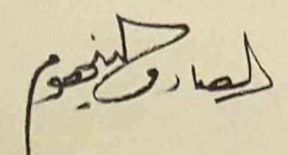
جسده وصفاته ، ومشاكله العقلية العامة . والآخر يتعرض لموقع الانسان في المجتمع ، والتركيبات الجماعية المعروفة في العالم ، وقضايا الشخصية والنمو العقلي . وفي هذا المجلد كان دورنا أن نساند معظم الدراسات الاصلية التي تركزت بحوثها على مجتمعات اخرى بدراسات جديدة عن مجتمعنا العربي ونوع قضاياه ذات الطابع المختلف . وقد بلغت حصيلة اضافاتنا مائة صفحة تقريباً مخصصة كلها لتحديد ابعاد الصورة الأخرى التي تسود مجتمعاتنا في العالم العربي .

القسم الثاني : دراسة تاريخية من مجلدين يعرضان قصة الحضارة منذ عصور ما قبل التاريخ الى نهاية العصور الحديثة . وفي هذا القسم تجاوزت اضافاتنا حدود المائة صفحة ، ووقع علينا عبء اعداد الفصول الخاصة بتاريخ الاسلام والعرب بالذات لتغطية النقص الظاهر في اصل الموسوعة .

القسم الثالث : دراسة للتاريخ المعاصر من مجلد واحد ، يتبعه في وقت لاحق اطلس تاريخي للوطن العربي . ومنذ بداية هذا القسم كنا قد افترقنا كثيراً عن النص الاجنبي ، وكنا نعرف على وجه اليقين اننا هذه المرة لا بد أن نعد معظم المادة بأنفسنا .

فماذا فعلنا ؟

سؤال بديهي حقاً ، لكن اجابته الصحيحة لا تقع في نطاق هذه المقدمة وحدها او هذا الكتاب كله . انها تقع في عشرة مجلدات ، تضم اربعة الاف صفحة تقريباً ، وأكثر من عشرة آلاف صورة ، وجهد خمسمائة محرر ورسام طوال أربع سنوات كاملة .



خطـــة التحـــرير

كلمة موسوعة في اللغات الاوربية تعني تقريبا ما تعنيه كلمة « حلقة الدرس » في لغتنا . انها تجميع للمعارف طبقا لخطة اخراج خاصة من شأنها ان تضع حصيلة ضخمة من المعلومات بين يدي القارىء المتخصص والقارىء العادي على حد سواء .

ثمة خطتان لتحرير الموسوعات :

الاولى : ان تتبنى الموسوعة اسلوب التجميع حسب الحروف الابجدية ، وتعمل على تقسيم معلوماتها في خانات ترتبط بنوع الحرف وليس بطبيعة الموضوع . مشكلة هذه الخطة انها قائمة على تفكيك الوحدة الى فقرات مبتورة او مكررة ، مما يجعل الموسوعة نفسها مجرد قاموس مطول ، قد يرضي حاجة قارىء يبحث عن اجابة معينة لسؤال معين ، مثل « من هو قلب الاسد ؟ » ، او « متى عاش صلاح الدين ؟ » ، لكنه لا يسد حاجة من ينشد المعرفة الحقيقية بظروف هذين الرجلين وظروف العصر الذي شهد لقاءهما .

الخطة الاخرى : ان تتبنى الموسوعة اسلوب تجميع المعلومات حسب وحدة الموضوع ، بحيث تقدم عرضا شاملا له ، بغض النظر عن حروفه الابجدية . فالقارىء هنا لا يتلقى معلومات متفرقة عن قلب الاسد او صلاح الدين تحت حروف ابجدية متباعدة ، بل يشاهد حياتهما بمجملها وعصرهما بكامله ، ويتعرف على الظروف والاحداث التي احاطت بهما ، في عرض واحد مفصل تحت عنوان « الحروب الصليبية » .

ان هذه الخطة ، بكل ما تقتضيه من المحرر من مراعاة الشمول والدقة ، هي التي رأيناها جديرة بتحرير موسوعة كبرى مثل « بهجة المعرفة » .

بهجة المعرفة ؟ نعم ، فهذا الاسم بالذات ليس مجرد اختيار عابر من جانبنا ، بل هو المنهج ذاته المتبع في اعداد مواد الموسوعة وفي توزيعها ايضا .

لم نكترث للفكرة القائلة بان المعرفة التي تكتسب بيسر لا بد ان تكون معرفة سطحية او غير نافعة . الواقع ان مثل هذا الزعم ليس خياليا وبعيدا عن مفهوم التربية فحسب ، بل انه مفسد ، اذ من شأنه ان يسد كل طريق ممكن الى المعرفة . لقد تعمدنا ان نتجاهله ، وصممنا على ان نمضي في الاتجاه الاخر ، عازمين على تأكيد ايماننا بان المعرفة في حد ذاتها هي اول لذات الحياة واكثرها اثارة للبهجة .

استعملنا الرسوم . استعملنا الجداول واللوحات والخرائط . اتجهنا لتطوير طريقة

عرض المادة بحيث يسقط الضوء على كل موضوع من ثلاث زوايا مختلفة في وقت واحد :

زاوية النص العام الذي يتولى مهمة شرح الموضوع وتحديد اطاره ؛ زاوية الصور التي تواكب فقرات النص بمثابة شروح او وثائق ؛ زاوية التعليق على الصور ، وهو نص آخر قائم بذاته ، لإضافة مزيد من المعلومات الى النص العام او شرح تفاصيله .

هذا المنهج في تغطية جميع وحدات الموضوع من عدة زوايا في وقت واحد هو الذي قاد المشرفين على اخراج الموسوعة في اللغة الانجليزية الى ابتكار نظامهم البارع - والمفيد - لتجميع كل موضوع على حدة في قطاع واحد من صفحتين .

نظام القطاع : اصطلاح « القطاع » يمثل هنا الوحدة الاساسية لجميع المجلدات ، وهو صفحتان في الاصل الاجنبي ، واربع صفحات في النسخة العربية ، نظراً لاختلاف حجم المجلد من جهة ، وصغر انماط الحرف اللاتيني من جهة اخرى .

كل قطاع يضم نصاً رئيسياً يقع في ٧٥٠ كلمة تقريبا على امتداد النصف العلوي من الصفحات الاربع ، تضاف اليه الصور والرسوم الملونة التي تغطي مع شروحها اكثر من نصف المساحة . وقد اخترنا للشروح اصغر نمط متاح للحرف العربي ، لكي نفسح مجالاً كافياً لحشد مزيد من التفاصيل ، دون ان تصبح القراءة صعبة او مرهقة .

نقل القطاع من اصله الاجنبي الى النسخة العربية تم بنجاح ، رغم الاختلاف الظاهر بين حجم المجلد في كلتا الموسوعتين . لقد التزمنا اصلا ، في القطاعات التي قررنا نقلها بحذافيرها الى اللغة العربية ، بنشر جميع الصور في احجامها الاصلية وجميع النصوص والشروح التي يضمها القطاع على اربع صفحات بدلاً من اثنتين .

لمن « بهجة المعرفة » ؟ في الدرجة الاولى نحن نتوجه الى القارىء المدرب الذي تلقى تعلياً منظماً يعادل - على الاقل - مرحلة التعليم الاعدادي . فقراءة موضوعات الموسوعة من دون المام بأوليات المعرفة قد لا تكون امراً مشوقاً . فيما عدا ذلك ، نعتبر « بهجة المعرفة » « حلقة درس » حقيقية مفتوحة فعلاً لجميع الاعمار .

لقد ضمنّاها ثلاثة مصادر للمعرفة ، تمثل مستويات المعارف المختلفة : مصدراً يعالج معلومات اساسية قد يحتاج اليها كل قارىء ، مثل المواد الخاصة بوظائف الجسم

وتربية الطفل وامور الصحة والمرض ؛ ومصدراً يعالج معلومات مفيدة وممتعة معا ، من شأنها ان تشد انتباه كل قارىء بين الاعدادي وبين الجامعة ، لأنها تهيّء له مرجعا علميا موثوقا به لجميع المعارف التي يتلقاها طوال سنوات دراسته ، مثل المواد الخاصة بالتاريخ والعلوم الطبيعية والرياضيات والفلك ؛ ثم مصدراً ثالثاً يعالج معلومات متخصصة لا يحتاج القارىء الى مطالعتها فقط ، بل الى مراجعتها ايضا بين حين وآخر ، بحثاً عن الحل او المشورة ، مثل المواد الخاصة باستعمال الالات او موضوعات غذاء الطفل ورعاية الحامل .

كيف تقرأ ؟ نظام القطاع مصمم خاصة لتحويل الموسوعة الى مكتبة امام كل قارىء لا يرتبط بمنهج بحث معين . انه يستطيع ان يقرأ كل كتاب على حدة - او حتى كل قطاع على حدة - ويستطيع ان يضمن لنفسه فيضاً زاخراً من المعلومات النافعة دون ان يخسر شيئاً من متعة التشويق والتباين . لكن نظام القطاع قد يقدم خدمة اكبر للقارىء المدرب الذي يستعمل الموسوعة طبقا لمناهج محددة في البحث .

فهذا القارىء ، سواء كان طالبا او باحثا متخصصا ، تمده الموسوعة بمرجع قريب وسهل التداول ، يكفيه مشقة البحث الطويل بين المصادر ، ويكفيه في الدرجة الاولى مشقة تجميع المصادر نفسها . كل ما يحتاج اليه هنا هو ان يراجع في « اقرأ ايضاً » ارقام صفحات القطاعات المترابطة في كل مجلد على حدة ، لكي يكتشف بنفسه ان كل قطاع يعمل تلقائياً بمثابة خلية واحدة في جسم واحد ، وان كل قطاع يقود الى الآخر في نسيج متواصل النمو والتشابك مثل المعرفة الحية نفسها .

كيف تبحث ؟ الخطوة الاولى ان تحدد لنفسك المجلد الذي يتعامل مع موضوعك . فما يخص الانسان مثلا تبحث عنه في « هذا الانسان » ، وما يخص الفضاء تبحث عنه في مجلد « الكون » . ومجلدات الموسوعة مقسمة عمدا الى مجموعتين لتسهيل هذه المهمة بالذات .

الخطوة الثانية ان ترجع ، في « هذا الانسان » مثلا ، الى الصفحة الثامنة عشرة ، حيث تجد خارطة مفصلة للكتاب ، تحدد لك اين تجد موضوعك ، وموقعه من المادة بأسرها . فاذا كنت تبحث عن امر يتعلق بالجهاز الهضمي مثلاً ، فسوف ترشدك الخارطة الى القسم الثاني المخصص للجسم البشري في بنيته وفي وظائفه . بعد ذلك ، كل ما تحتاج اليه هو ان تلقي نظره على فهرس المحتويات لكي تعرف الصفحة التي تحتوي على موضوعك .

الدكتور كريم عزقول

نظام القطاع

النص الرئيسي هو عرض لموضوع قائم بذاته ، من ٧٥٠ كلمة تقريباً ، يملأ الجزء الأعلى من صفحات القطاع الاربع .



الرسوم والصور هي رسوم وصور ومخططات ولوحات وجداول وخرائط تضفي طابعاً حسياً على تفاصيل الموضوع وتجسّده ماثلا امام عينيك .

نموذج للقطاع بمختلف عناصره المتآزرة لجعل موضوع في المعرفة الشاملة العامة متكاملاً ومشوّقاً وحيّاً .

الهوامش هي كلمات - عناوين لاجزاء الرسوم والصور او ارقام تدلك الى شروحها في التعليقات .



التعليقات هي شروح للرسوم والصور تستخرج معانيها وتوضح دقائقها وتزودك بمعلومات تفصيلية اضافية عن الموضوع .

اقرأ ايضاً هي قائمة بالابحاث التي تتناول نواحي اخرى من الموضوع ذاته والتي يمكنك مطالعتها في هذا المجلد . وقد افرد لها باب خاص في آخر المجلد .

خطة الكتاب

- مدخل:

- نشوء العلوم ونموها :

- الرياضيات :

- الحساب

- الجبر

- الهندسة

- الفيزياء :

- الكيمياء :

- العناصر

- الترابط الكيميائي

- الكيمياء الحياتية

- أقرأ أيضاً :

- المصطلحات الفنية :



العلم
دوره في التقدم الانساني
الاتجاهات المعاصرة

- في ما قبل التاريخ والعهود القديمة
- في القرون الوسطى
- في القرون الحديثة

- الذرة والفيزياء النووية
- الستاتيكا والديناميكا
- الصوت والضوء والحرارة
- الكهرباء والمغنطيسية

- لائحة بقراءات إضافية
في المجلد نفسه لاستكمال
كل «قطاع» فيه

- جدول ابجدي باهم المصطلحات العلمية الواردة في المجلد
- مرادفاتها الانكليزية
- مدلولاتها

مدخل

العلم رحلة اكتشاف لا نهاية لها . ومغامرة متواصلة في المجهول . وبحث لمعرفة العالم الذي نعيش فيه ولفهمه . لقد حمل العلم الانسان الى بلدان بعيدة وامكنة مقفرة . حتى رفعه الى القمر . فاكتشف عوالم جديدة فاتنة في اكثر الاشياء الفة ، في زهرة على جنب الطريق او في حصاة لماعة او في ندفة ثلج ، كما حمله بالمخيلة . عبر المرقب والمجهر وغيرهما من الآلات . الى اماكن نائية وظروف حياة بعيدة ، الى عمق الفضاء الخارجي وعالم المجرّات . الى العالم السفلي الجهنمي الواقع على بعد كيلومترات تحت اقدامنا . الى الحركة الدائمة التي للجزئيات والذرات والنوى والالكترونات . الى صورة الكمال عينه في البلوريات . الى العصور الجليدية وما قبلها بكثير . الى عصور الدينوصور وبدايات اولى الكائنات الحيّة واصول تكوين الأرض ذاتها . حملنا العلم اخيرا الى العالم البديع القائم بذاته داخل الخليّة الحيّة .

ان اكثر الاكتشافات حيوية عن الطبيعة هو انه بالامكان دراستها دراسة علمية . فقد اصبح بامكاننا اعطاء اجوبة صحيحة عن الاسئلة التي نطرحها . شرط ان تكون اسئلة عن الواقع ـ اي اسئلة « ماذا » و « كيف » اكثر من « لماذا » ـ وشرط طرحها بالطريقة الصحيحة استنادا الى ملاحظات دقيقة وغير متحيزة مدعومة باختبارات مخطط لها تخطيطا سليما . وبعد التفريق الواضح بين المعرفة المطلوبة وفوضى جميع العوامل الدخيلة . فالمعرفة المتجمّعة بهذه الأساليب الدقيقة يتم التأكد منها ومقارنتها بما توصّل اليه اناس آخرون . فتصبح عند ذاك « المادة الخام الأساسيّة » للعلم وتعكس بأمانة حقيقة الكون كما تراه عيون العلماء .

ان حسن سمعة العلم من حيث موضوعيته وصحة معارفه ناجم عن متانته وعن الثقة التي يوحي بها وعن تحرّره من آراء الناس . فطاقة التأين لذرّة الهيدروجين او الفة الأكسيجين لجزئ اليحمور . مثلا . هي عينها عند الماركسي والليبرالي . عند البروتستنتي والكاثوليكي وعند الأسود والأبيض . فوقائع العلم « باردة » بالضبط لأنها لا « تسخن » بحرارة الأهواء البشرية .

الا ان الوقائع هي نتف معزولة من المعرفة . والوقائع العلمية . ما هي اجمالا سوى مجرد ارقام ، فتكافؤ الصوديوم مثلا هو + ١ . وسرعة الضوء في الفضاء هي تقريبا ٣٠٠،٠٠٠ كلم / ث . وخليّة الجسم البشري تحتوي على ٢٣ زوجا من الصبغيّات . ان هذه المجموعة من الوقائع غير المترابطة لا تكوّن علما . فلا يكفي ان نعرف هذه الوقائع . بل من الضروري ايضا ان نفهمها لكي نتمكّن من ربط هذه الوقائع بعضها بالبعض الآخر والحصول بذلك على صورة عامّة شاملة على اساس الميزات المشتركة بين هذه الوقائع . ففي لعبة البليارد مثلا لا توجد حالتان متشابهتان تماما . فمواقع الكرات وتحركاتها تتغيّر باستمرار ضمن مجموعة محدودة من الامكانيات . الا ان هنالك انتظاما ضمنيّاً في طريقة اصطدام الكرات بعضها ببعض وتغيّر اتجاهاتها بزوايا مختلفة ، وهذا ما يلاحظه بالفطرة اللاعب الماهر الذي لا يتّكل على الحظ في لعبه ؛ الواضح ان الكرات تتحرّك على أساس قاعدة او مجموعة قواعد

الصاعقة تنزل على المدينة . على طول خط مسارها وفي اقل من جزء من خمسين مليون من الثانية ترتفع درجة الهواء المحيط الى ٣٠،٠٠٠ درجة سنتيغراد . فينطلق منه بريق يطغى على أنوار المدينة .



« طبيعية » . وما هدف العلم سوى اكتشاف هذه القواعد التي تتحكّم باعداد كبيرة من الوقائع ووصفها بأكثر ما يمكن من التجريد والدقة . في المراحل الاولى من اكتشاف القاعدة ، عندما يكون فهم الفكرة ما يزال نظريا ، يتم وضع قاعدة مؤقتة تعرف بالفرضية . واذا توافقت النتائج التي تؤدي اليها الفرضية مع الوقائع الملاحظة ، تصبح هذه ، تدريجيا ، نظرية ، وربما اصبحت في النهاية مبدأ او قانونا للطبيعة شبه دائم .

يلاحظ في أي علم ينمو بطريقة سليمة نوع من التوازن بين ازدياد عدد الوقائع المعروفة بالاختبار والملاحظة ، وبين تناقص عدد الوقائع المستقلة بعضها عن البعض الآخر ، وذلك بفضل التأثير التوحيدي الذي تحدثه نظريات جديدة اكثر فعالية . فمن الخطأ الظن ان تقدم العلم يفرض ازديادا في عدد الوقائع الواجب معرفتها . فأكثر المعلومات العلمية القديمة (مثلا : الخصائص الكيميائية لجميع العناصر المختلفة او تصنيف انواع الحيوان والنبات) لم يعد من الضروري درسها بالطريقة التفصيلية التي كانت لازمة في الماضي ، لأنه اصبح بالامكان فهمها بطريقة موحّدة على ضوء المبادىء العامة الحديثة ، كالنظريّة الذرية ونظرية التطوّر .

ان التعميمات الأكثر عمقا ومتانة تعرف بقوانين الطبيعة ؛ لكنها دائما من حاصل تفكير البشر حول كيفية عمل الطبيعة ؛ لذلك فهي معرّضة للدحض مع تقدم العلم الذي يأتي بوقائع جديدة او بنظرة اكثر عمقا . فقوانين نيوتن مثلا تقصر في تفسير حركة الأجسام التي تقترب سرعتها من سرعة الضوء ، كما ان قانون ثبات الكتلة لا يمكّن من فهم انشطار نوى الذرة او انصهارها .

ان النظرية العلمية الجيدة هي مبدئيا قابلة للنقض ؛ ووضع النظريات تحت الاختبار بغية تخطئتها منهج شائع ومثمر جدا في العلم الحديث . فالنظرية التي تقاوم بعناد محاولات عدة من هذا النوع تظهر ، عندما تنهار بدورها في النهاية ، بأنها كانت احد وجوه نظرية اعم منها واعمق . هكذا فان نقاط انطلاق نظرية نيوتن للميكانيكا ونظرية مكسولَ للكهرطيسية قد ساعدت في دفع اينشتين نحو فهم اكثر عمقا لفكرتي المكان والزمان في نظرية النسبية . كما ساعدت نظرية مالتوس في السكان ، وان بشكل اقلّ مباشرة ، على تمهيد السبيل لنظرية داروِن في نشوء الأنواع بالانتقاء الطبيعي .

رغم ان النظريات العلمية هي من صنع البشر ومعرّضة بالتالي للتأثر بالضعف الناجم عن محدودية امكاناتنا في الفهم والاستنتاج ، فانها تبقى مع ذلك ، اجمالا ، غير متحيّزة اطلاقا . فعمل عالم فيزيائي سوڤياتي في الفيزياء النظرية مثلًا يثير اعجاب الغرب ويحمل علماءه على الاعتماد عليه على أساس قيمته العلمية ، تماما كما يقدّر العلماء السوڤيات عمل عالم غربي . فلغة العلم عالمية . والذين يتحدثون عن « علوم مختلفة » لطبقات اجتماعية مختلفة انما يتكلمون عن الدعاية وليس عن العلم .

يغلب الظن بأن العلم قد بدأ مع قدماء الاغريق ، رغم اسهام الصينيين ، بصورة مستقلة ، لاسيما في حقل الفلك . ففي السنة ٢٠٠ ق . م . كان الاغريق قد توصّلوا الى قياس دائرة الأرض بدقّة . لكن العلم ذوى ايام الرومان ، ثم اخذ يحتضر في اوروبا (رغم احتضان العرب للمعرفة العلمية والعناية بها وتطويرها ونقلها الى الغرب) حتى جاء عصر النهضة في القرنين الخامس عشر والسادس عشر يحيي روح التحرّي عند الانسان ويذكره بالكنوز المطمورة في الكتب اليونانية والرومانية القديمة . ثم فتح اختراع الطباعة واكتشاف العالَم الجديد نوافذ جديدة امام عقل الانسان . الا ان ما يمكن اعتباره اكثر من أيّ حدث آخر مؤشرا لبدء العلم الحديث هو نشر كتاب نيقولا كوبرنيكوس « في دوران الأجرام السماوية » (١٥٤٣) . فبالاضافة الى اكتشافه ان الشمس هي مركز النظام الشمسي ، ادخل مبادىء جديدة على الطريقة العلمية : اهميّة البساطة في التفسير ، التعرف على ان مواقع الأجسام وحركاتها لا معنى لها الا نسبيا ، والتسليم بأن الانسان ليس في مركز الكون ولا حتى في أيّ موقع خاص على الاطلاق . وحتى يومنا هذا تبقى هذه المبادىء اداة فكرية تساعد على التعمّق في طرائق علمية جديدة .



المجهر المسلط على محلول يحتوي بلورات من الملح يكشف النقاب عن تناسق الجزيئات المكون منها .

الازدهار الحقيقي للعلم تحقّق في القرن السابع عشر . ففي بدء هذا القرن فسّر وليم جيلبرت اتجاه البوصلة المغنطيسية نحو الشمال على أساس ان الأرض هي نفسها قضيب مغنطيسي . بعد ذلك بقليل . اكتشف وليم هارفي الدورة الدموية . واستغل بعض العلماء المجهر لاكتشاف الخلايا الحية . في هذه الأثناء توصّل غاليليو غاليلي واسحق

نيوتن الى بناء نظرياتهما الهامة التي دشّنت عهدا جديدا في الميكانيكا والجاذبية · وبعد ذلك بقليل تطوّرت الكيمياء انطلاقا من الخيمياء · الا ان انطوان لافوازييه وجوزيف بريستلي دفعا بها الى الأمام في القرن الثامن عشر حتى توصّلت الى فتح الطريق امام نظرية جون دالتون الذرية للكيمياء في القرن التاسع عشر ·

في هذا القرن ، تسارعت خطى العلم ، فظهر الترابط بين المغنطيسية والكهرباء · ففي منتصف القرن ، بيّنت نظرية كليرك مكسول ان الضوء هو حركة موجية كهرطيسية في الفضاء · وتقدمت ايضا علوم طبقات الأرض والإحاثة والحياة بسرعة ، ومهّدت الطريق امام دارون · مع الثورة الصناعية اخيرا ، تم فهم اعمق للطاقة ولقوانين الديناميكية الحرارية التي هي فرع من العلم كبير الأهمية عملياً لتحويل الحرارة الى شغل في المحرّكات الحرارية · في الوقت نفسه ، اعطت الفرضية الذرية نتائج ممتازة عندما استعملت في « النظرية الحركية للغازات » وساعدت على تفسير القوانين الديناميكية الحرارية بواسطة نظرية جديدة هي « الميكانيكا الاحصائية » · في اواخر القرن التاسع عشر ، كان العلماء قد برهنوا فعلياً عن الطبيعة الذرية للمادة ، وكان تومسون قد اكتشف اول « الجسيمات الأساسية » (الالكترون) الحديثة · وفي علم الحياة برهن لويس باستور ان الكائنات الحية البالغة في الصغر تسبّب الأمراض ، كما اكتشف غريغور مندل الأساس الجيني للوراثة ·

في اواخر القرن التاسع عشر بدا وكأن الاكتشافات في الفيزياء قد استنفدت · الا ان هذا لم يكن سوى فترة استراحة قصيرة ، انطلقت الفيزياء بعدها الى التقدم باتجاهات اكثر ثورية · فجاءت الخطوتان الحاسمتان في اعقاب نظرية الكمية لماكس بلانك التي تبيّن ان الطبيعة تتحرّك بطريقة متقطّعة وليس باستمرار والنظرية النسبية لأينشتين التي تظهر تغيّر سرعة الزمن لدى الأجسام التي يتحرّك بعضها بالنسبة لبعضها الآخر · من هذه النظريات نمت افكار اكثر جذرية حول الطبيعة ، منها بنوع خاص الميكانيكا الكميّة (وتسمّى ايضا الميكانيكا التموّجية) التي تظهر ان الأشياء الصغيرة للغاية كالإلكترونات ليست جسيمات او موجات ، بل انها تتصرف كجسيم او كموجة حسب الظروف الواقعية الموجودة فيها · ومنها نظرية النسبيّة العامة التي تبيّن ان الجاذبية هي نوع من الإلتواء في المكان وفي الزمان · .

تبع كل هذا تقدم في معرفتنا لبنية الذرة وجسيماتها الأساسية وفهمنا لها من جهة ، ولبنية الكون و « جسيماته » (المجرات والنجوم) من جهة ثانية ·

قامت النظرية الذرية الكميّة في مظاهرها البسيطة بتفسير التفاعلات الكيميائية · اما في مظاهرها المعقّدة ، فقد فسّرت الى حد كبير العمليات البيولوجية الأساسية للتناسل ولعلم الوراثة ضمن علم البيولوجيا الجزيئية الجديد · فسّرت النظرية الذرية ايضا العديد من الوقائع حول بنية المادة العادية وخصائصها · وتقدّمت علوم اخرى في القرن العشرين ولاسيما علما طبقات الأرض والحياة ·

في الوقت الحاضر تبدو للعلم الأساسي حدود ثلاثة كبرى : الاول ، عالم الاشياء البالغة الكبر ، اي الكون نفسه · فالمراقب الرادويّة تجمع اليوم معلومات عن الطرف البعيد من الكون ، وقد كشفت بشكل موجات رادويّة اليوم ، ضوء نار الانفجار الكبير الذي يرجّح ان الكون المتمدّد قد ابتدأ به منذ حوالى ٢٠،٠٠٠ مليون سنة ؛ الثاني : عالم الأشياء البالغة الصغر ، اي عالم الجسيمات الأساسية ، كالالكترونات والبروتونات والنيوترونات والميزونات وغيرها · فلا يزال من الصعب فهم السبب الذي من اجله تكوّن الطبيعة جسيمات تتميّز بكتلة خاصة وبشحنة كهربائية خاصة وبخواص اخرى ، الا ان علاقات اخذت تظهر الآن بين انواع عدّة من الجسيمات ، متجلية في قوانين تماثل مبهمة ، لكن لا يزال هنالك لغز كبير بحاجة الى حل قبل ان نتمكّن من فهم هذه العلاقات ؛ الحد الثالث هو عالم المادة المعقّدة · وهو ايضا عالم الأشياء « المتوسطة الحجم » من الجزيئات في طرف ، حتى الارض في الطرف الآخر · وهو عالم الاشياء المألوفة ، كقطرات المطر والنباتات والحيوانات والكائنات البشرية · وبسبب الفتها تحتوي

الضوء المركّز مصدر طاقة عظمى ·
فباستطاعة شعاع الـ « لازر » الكثيف
ان يخترق شفرة فولاذية ·



على اقدم فروع العلم واكثرها « كلاسيكية » · الا انها تحتوي ايضا على اعمق التحدّيات العلمية اطلاقا : تطوّر الحياة وحقيقة العمليات الفكرية · بالنسبة لتطوّر الحياة . حصل في السنين القليلة الماضية تقدّم ملحوظ . اذ ثبت ان ابسط انواع الجزيئات الحيّة تتكوّن عفويا بعمليات كيميائية عادية · وهذه بداية قصة علمية متماسكة تشرح التطوّر من الجزيئات البسيطة كالماء والميثان وثاني اكسيد الكربون حتى الحياة الحيوانية المتقدّمة · اما معضلة نشوء العقل وطبيعته . فيظهر انها عويصة . ومن الصعوبة بمكان ان نتكهّن الى اي مدى يمكن التقدّم في حلّها ·

لكن كل هذا هو من العلم الأساسي وهو قلب العلم · الا انه قلب صغير يقع في مركز جسم كبير جدا . هو العلم التطبيقي · فالعلماء الذين يعيشون اليوم يؤلّفون الأكثرية الساحقة من العلماء الذين ولدوا على هذه الأرض . وأكثرهم يعمل في التكنولوجيا (العلم التطبيقي) . لأن في هذا الميدان يمكنهم خدمة الانسانية عملياً . اذ باستطاعتهم احداث محصولات زراعية جديدة وكثير غيرها من متطلّبات المجتمع الحديث ·

يعرض العِلم التطبيقي ماذا يمكن عمله . اما التكنولوجيا فهي تبين كيفيّة العمل · الا انهما لا يمكنهما كلاهما تحديد ما الذي يجب ان يعمل · فهذه قضية سياسية وأخلاقية · فالاستعمال الصحيح للعلم يثير مشكلات للإنسان الحديث · لكن لا شك في ان العالم سيعتمد مستقبلا على العلم اكثر مما هو فاعل اليوم . هذا اذا اراد تأمين الغذاء واللباس والمسكن ومستوى الحياة اللائق للعدد المتزايد من السكان ·

لقد امّن العلم والتكنولوجيا للإنسانية فوائد شتّى : صحة احسن وحياة اطول وتخفيفا للألم . ايام عمل اقصر ضمن ظروف اكثر امانا واقلّ اجهادا . مأكلا وملبسا ومسكنا افضل واوفر . فرصة اكبر للتعلّم والتسلية والسفر · واكثر نشاطات الانسان الأخرى تأثرت بعمق بالعلم والتكنولوجيا . وهذا ما ينطبق حتى على الفنون ·

تكتظ الأرض اليوم بالبشر الذين يعيشون فوق طاقتهم على أرض فقيرة بالموارد المتوفرة وان كانت غنية بالموارد الكامنة التي لا تطالها تكنولوجيتهم الحالية · لذلك لم يكن الانسان يوما رهن العلم والتكنولوجيا . لتأمين رفاهيته المقبلة . اكثر مما هو اليوم ·

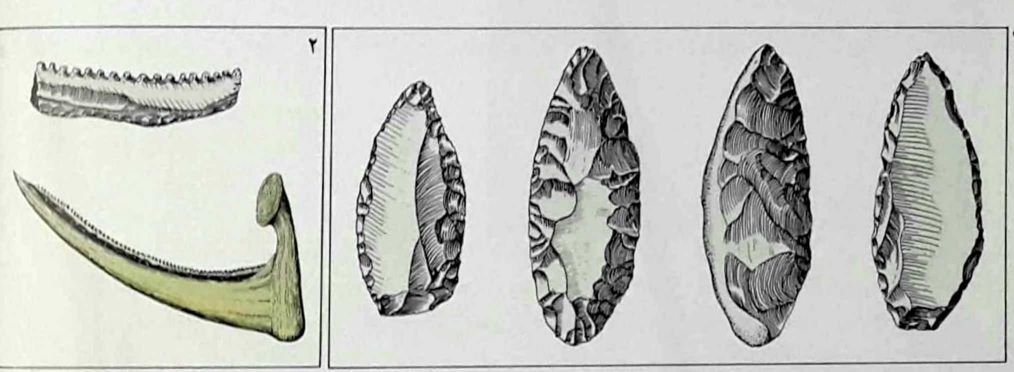
العلم من ما قبل التاريخ الى التاريخ القديم

قبل حوالى مليوني سنة ، كان اجداد الانسان يستعملون الاحجار اسلحة وادوات ، فحملتهم حاجتهم الى السيطرة على البيئة ، والى تطوير تلك الاسلحة والادوات ، على تعاطي بعض العلوم ، ولو على نحو بدائي ، فقامت ، منذ ذلك الحين ، علاقات متبادلة بين تطور كل من العلم والتكنولوجيا والحضارة ·

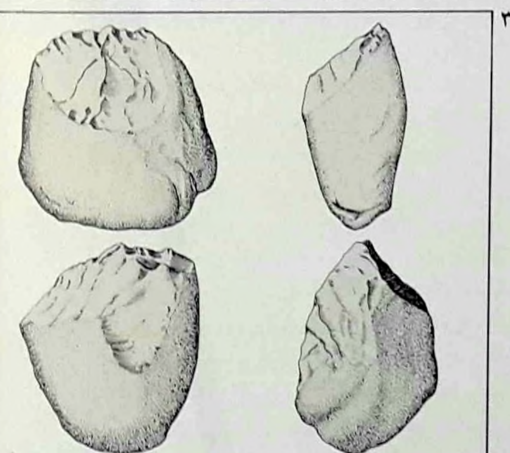
انسان ما قبل التاريخ والعلم

بعد حوالى نصف مليون سنة ، أخذ احفاد هؤلاء الذين كانوا أول من استعمل الادوات يركزَون على الصوان للافادة من حدّه القاطع (١ ، ٢) ويولّدون النار ·

١ ٢



٣



(١) ـ أدوات من العصر الحجري القديم الأوسط أو المرحلة الموستيرية في فرنسا ، عمرها ما بين ٧٠٠٠٠ و ٣٢٠٠٠ سنة · كانت جماعات بشرية مختلفة تعيش في أوروبا في هذه الفترة ، وقد تركت آثاراً عديدة لحضارتها في الملاجىء ومداخل الكهوف · فقد وجدت ادوات يرجع تاريخها الى بدء آخر عصر جليدي · السكاكين والمكاشط الظاهرة هنا تدل على تقنية متقدمة لصناعة الادوات الحجرية ·

(٢) ـ كان الانسان الأول يستعمل العظام وقرون الاوعال والخشب كمواد أولية لصناعة الادوات والاسلحة · كانت تُعطى الادوات الخشبية حدّاً قاطعاً فعّالاً بادخال صف من شظايا الصوان فيها بعد اعطائها الشكل اللازم ، كما كان المصريون يفعلون بالمنجل الخشبي (٣٠٠٠ ـ ٢٥٠٠ ق · م) · كذلك كان الانسان الأول يجعل الادوات الخشبية المسننة أكثر صلابة بحرق طرفها بالنار حرقاً طفيفاً · كما كان يغيّر شكل قرون الاوعال بحفرها أو تسخينها على النار ·

(٣) ـ كان أول من اكتشف هذه الادوات الاولدوفية لويس ليكي (١٩٠٣ ـ ١٩٧٢) عام ١٩٣١ في وادي اولدوفاي شمالي تنزانيا ، في افريقيا الشرقية · هذه الادوات ، وعمرها يقرب من مليون ونصف سنة ، تتراوح بين حصى مكسّرة وادوات كاملة ·

تنمّ الرسوم التي عثر عليها في الكهوف ، وعمرها ١٥٫٠٠٠ سنة ، عن معرفة بدائية بتركيب جسم الحيوانات · بعضها ، وهي تمثل فيلة ما قبل التاريخ مع اسهم تشير الى قلب الحيوان . قد تكون تدويناً للبراعة في الصيد أو نوعاً من السحر غايته جلب السعد والتوفيق للصيادين ·

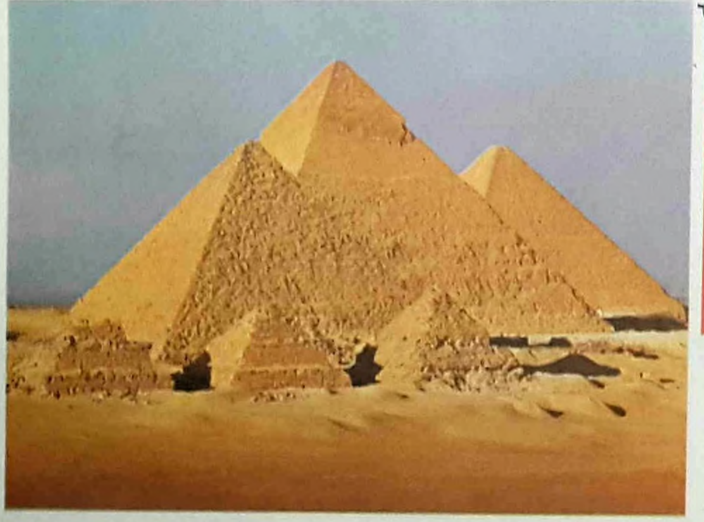
منذ حوالى ١٠٫٠٠٠ سنة ، أصبحت حياة الانسان أكثر استقراراً · فقد اخترع نظاماً لإنتاج مستمر للغذاء ، يشمل تدجين الحيوانات وزراعة النبات ؛ كذلك شجعت حياة هذه الجماعات المستقرة على اكتشاف مختلف مواد البناء لبنيان مساكن تكون أصلح للسكن وتؤمن قدراً أوفر من الحماية ، كما ان النار كانت مستمرة الاشتعال لتوفير الدفء وللطباخة ولإرهاب الغزاة واللصوص ·

مصر وبلاد ما بين النهرين

كانت منطقة وادي النيل آمنة وخصبة الى

(٤) ـ اعطى اكتشاف المعادن صانعي الادوات الأولين مادة أولية طيّعة بدءاً بالمعادن اللينة كالذهب والنحاس ، ومروراً بالبرونز وانتهاء بالحديد · تظهر هنا فأس مصرية ذات ثقبين (أ) من ماجدّو (حوالى ١٩٠٠ ق · م ·) ، وفأس مصرية بشكل خلد الماء (ب) من اوغاريت (١٨٠٠ ق · م) ، وخنجر برونزي مصري (ت) من عصر الهكسوس (حوالى ١٦٥٠ ق · م) · لكن الحديد كان ما يعطي أفضل حد قاطع ·

(٦) ـ بني الهرم الأكبر في مصر بأمر من الفرعون خوفو من السلالة الرابعة حوالى ٣٠٠٠ ق · م · وهو يحتوي على ما يقرب من ستة ملايين طن من حجر الكلس · كان الهدف الرئيسي من الاهرام تأمين مدافن فخمة . وربما كانت لها اهداف أخرى · بنيت المجموعة الكاملة للاهرام المصرية الرئيسية في فترة تزيد على القرن بقليل ، وتطلّب بناؤها مجموعة ضخمة من العمال · يظن بعضهم ان القصد من ذلك كان تنظيم جميع سكان مصر في دولة مركزية . ولذلك تم البناء في فترة قصيرة ·





(٥) كان نظام الارقام في الكتابة المسمارية كناية عن شحطات تذكرنا قليلاً بالارقام الرومانية التي جاءت بعدها بثلاثين قرناً · كان موقع الرقم في العدد يحدد قيمته ·

حد خارق . لاحظ سكانها ان الطَمي ، الذي تجرفه الفيضانات السنوية ، يجدد خصب الأرض . فحفروا الأقنية وبنوا السدود لتحويل المياه المحمّلة بالطَمي المخصب الى حقولهم . يمكن اعتبار الاعمال الجبارة المبذولة للسيطرة على الفيضانات من بدايات فن الهندسة المعمارية الواسع النطاق ، الذي طبق سكان وادي النيل في ما بعد تقناته في بناء الاهرام (٦) .

من المرجح ان يكون فرع الرياضيات المعروف بعلم الهندسة قد تولّد عن الحاجة الى تحديد المواقع في الأماكن التي كانت الفيضانات السنوية تجرف فيها علامات الحدود أو تمحيها ، بينما نشأ علم الحساب عن الحاجة الى اجراء حساب كميات الغِلال لتوزيعها بين الناس . ارتكز علم الحساب عند المصريين على طريقة في التضعيف تشبه الى حد ما عمليات الحاسبة الالكترونية الحديثة .

٧

أدير بطريقة متواصلة . في الآلة الظاهرة في هذه الصورة ، ترفع الماء من البئر الذي الى اليسار . وعندما يدار الانبوب المقوّس بشدّ الحبل يندفع فيه الماء حتى يسري الى الخزّان في أعلى اليمين . لم تكن اللوالب معروفة قبل أرخميدس . ومن المرجح ان البراغي المستعملة لتثبيت الاشياء نتجت عن هذا الجهاز .

(٧) - يستخدم لولب ارخميدس لرفع الماء . كان ارخميدس (٢٨٧ - ٢١٢ ق . م .) عالماً في الرياضيات الدقيقة كما كان ماهراً في الاختراعات العملية . يقال انه اخترع اللولب لمساعدة المصريين في الريّ . هذه الأداة هي مبدئياً كناية عن اسفين يستطيع احداث ضغط متواصل في اتجاه معيّن اذا

٨ أ



ب



(٨) - كان اهل العصر الحجري الحديث ، الذين عاشوا في منطقة ستوني لتلتون ، في انجلترا حوالى سنة ٣٠٠٠ ق . م . ، يبنون ركاماً كبيرة لدفن موتاهم (أ) .

اما سكان بلاد ما بين النهرين ، فقد تطوروا في الوادي المزدوج لدجلة والفرات ، بطريقة مماثلة ، ولكن في ظروف مختلفة الى حد ما · فخلوّ ارضهم من الحجر جعلهم يدوّنون معارفهم بواسطة علامات ينقشونها في الواح من الطين الطري يُشوى فيما بعد · وهم أول من جاء بالفكرة القائلة بأن قيمة الارقام تتعلق بموقعها ضمن العدد ، حتى انهم توصلوا الى حل معادلات جبرية ·

هذه الركام هي بناء طويل مكوّن من ممر للدخول تتفرع منه اجنحة من الغرف · الركام الظاهر هنا مكوّن من ثلاثة ازواج ، اهمها الممر (ب) الذي يتكوّن من قنطرة في جدرانها حجارة ناتئة لحمل الجزء الأعلى من القنطرة ، كما هي الحال في القناطر الموجودة في بعض الجزر الواقعة قرب الشاطىء السكوتلندي ·

كان طاليس الميليتي ، المولود حوالى ٦٣٠ ق · م · أحد اوائل الاغريق الذين سافروا ودرسوا حضارات أخرى · فقد رجع من مصر متعمقاً في تقنات الهندسة المصرية ·

علماء اغريق مشهورون

يعزى الى فيثاغوراس ، المولود بعد طاليس بحوالى ٦٠ عاماً ، برهان النظرية الشهيرة التي تقول بأن مربّع وَتر المثلّث العمودي يساوي مربّعي الضلعين الآخرين · كذلك سعى فيثاغوراس الى تفسير خصائص المادة بواسطة الاعداد · وضع اغريقي آخر ، هو اقليدس (المولود عام ٣٣٠ ق · م ·) ، المبادىء الاساسية للهندسة التي اصبحت كلاسيكية ، وما تزال مستعملة حتى يومنا هذا · بعده بأقل من خمسين سنة (٢٨٧ ق · م ·) ولد ارخميدس في صقلية ، فطبق الرياضيات الجديدة هذه بمقدار كبير من الدقة والمنطق وتوصل الى اختراعات عديدة · فقد اثبت انه اذا وزن جسم في سائل ، فالنقص الظاهر في ثقله يساوي ثقل السائل المُزاح · ويعزى اليه اختراع لولب لرفع الماء من مستوى الى آخر (٧) ·

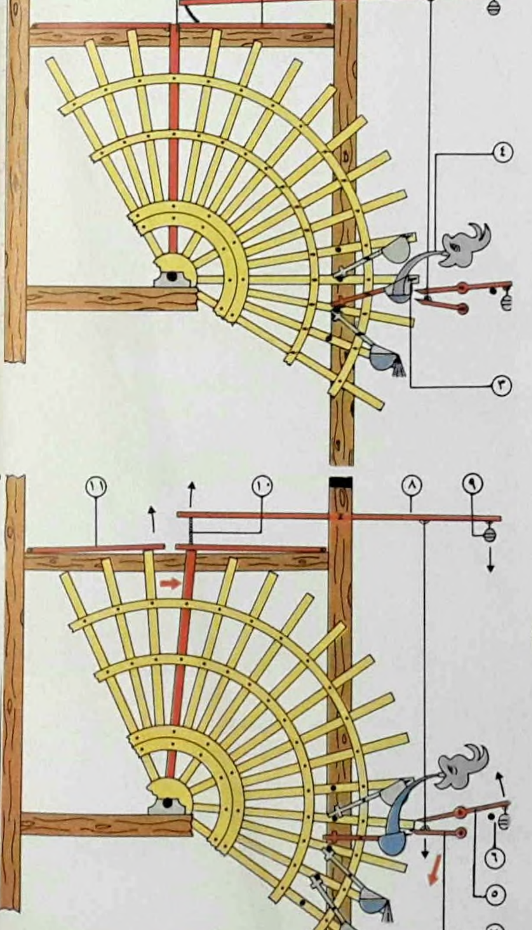
كان اودوكسوس ، الذي ولد سنة ٤٠٨ ق · م · ، أول من أقام علم الفلك على اساس علمي صحيح · فقد بيّن انه يمكن تفسير حركات الشمس والكواكب بالافتراض انها تسير بحركة منتظمة على دوائر كاملة مركزها قريب من مركز الأرض وليس متطابقاً معه تماماً · من بعده قام علماء فلك اغريقيون باعتماد انظمة غاية في التعقيد لمسارات دائرية للكواكب توازي في دقتها ما توصل اليه نيقولا كوبرنيكوس (١٤٧٣ - ١٥٤٣) بعد حوالى ألفي سنة ·

دَور العَرَب في تطوير العُلوم ونقلها إلى الغرب

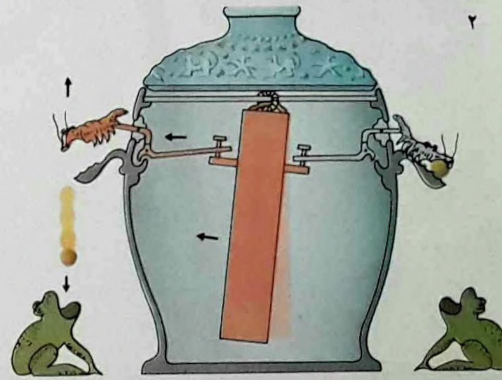
فقدت الإمبراطورية الرومانيّة المريضة سيطرتها على اوروبا الغربيّة في القرن الخامس الميلادي · فقد غُلبت على أمرها لفرط اتّساع رقعتها . وتراخي مواطنيها ، وبسبب انفجار سكّاني في آسيا دفع بشعوب فتيّة نشيطة لاجتياح حدود روما الواسعة · في الوقت نفسه بقيت الإمبراطوريّة الرومانيّة الشرقيّة ، وعاصمتها بيزنطة (التي اصبحت القسطنطينيّة ثم استانبول) ، مزدهرة ، حتى هوجمت من الشرق في القرن السابع ·

التأثيرات العالميّة

انطلق العرب من الجزيرة العربيّة بعد اعتناقهم الدين الجديد الذي نزل على النبي



(١) ـ اخترع الصينيّون هذا الجهاز في القرن الثامن الميلادي لضبط الانفلات في الساعة المائيّة (أ) · واليك آليّته ، مكبح (٢) يحجز برمقا (١) . بينما تمتلىء مغرفة (٣) بالماء (٤) من خزان بمعدّل سرعة ثابتة · عندما تمتلىء المغرفة بالماء ، تتغلّب على الثقل الموازن (٦) وتهبط ، فتصدم شوكة كابحة (٥) . كما تصدم لسان وصل (٧) . فينفكّ المكبح (ب) . فيشدّ برافعة عليا الى اسفل (٨) مع ثقلها الموازن (٩) . الذي يسحب سلسلة (١٠) . محرّراً المكبح ، فيدور الدولاب بإتّجاه حركة عقارب الساعة الى ان يسقط المكبح ثانية . فيوقف القضيب التالي المثبّت ايضاً بمكبح (١١) ·



(٢) ـ مقياس الزلازل صنعه العالم الصيني تشنغ هنغ عام ١٣٢ للميلاد . وهو مكوّن من وعاء محاطة حافّته بثقوب · عندما يحدث زلزال . تسقط في اناء سفلي كرات معدنيّة ، مثبّتة برفق في كل من الثقوب · هذه الآلة تدلّ على اتجاه الزلزال . وذلك بملاحظة الكرات التي تقع والكرات التي تبقى في الثقوب ·

محمّد (٥٧٠ - ٦٣٢) صلّى الله عليه وسلّم . ثم توصّلوا ، خلال مئة عام ، الى احتلال القسم الأكبر من الشرق الاوسط وشمالي افريقيا واسبانيا حتى بلغوا فرنسا (٥) . كان لهؤلاء الفاتحين الجدد حضارة خاصّة بهم ، لكنّهم كانوا شديدي الرغبة في العلم ، فاقتبسوا العلوم عن السريان والاغريق والهنود وغيرهم من الشعوب التي التقوا بها في فتوحاتهم واسفارهم ، حتى اصبحوا يُعتبرون بحقّ مؤسّسي « الروح العالميّة » التي هي من ابرز ميّزات العلم . لقد سعوا الى المعرفة الشاملة ، وربما كان ابن سينا (٩٨٠ - ١٠٣٧) اكثر العلماء اقترابا منها . كذلك كان للمسلمين تقليد عريق في التجارة . كانوا يعنون بنوع خاص بالحسابات الصحيحة لتوزيع السّلع على اصحابها وتقسيم المواريث العائلية . وعندما غزوا الهند تعرّفوا الى الرياضيّات الهندية . كان الهنود قد ابتكروا نظام الأرقام

٣

(٣) - ارتكزت الصيدليّة النموذجيّة في القرون الوسطى على التقاليد العربية . فقد اخذ العرب عن الفرس والهنود كثيراً من معرفتهم بالعقاقير والتوابل ، كالكافور وكبش القرنفل والقرفة الصينية وجوزة الطيب والسنا . وقد اثّروا في الصيدليّة الاوروبية بواسطة الرهبان البندكتيّين . في القرن الرابع عشر كانت مهن الصيدلة والطب والكيمياء والسمانة موحّدة .

٤

(٤) - اخترع الرومان مطاحن الذرة ، ونشروا تقناتهم ليسهل عليهم استثمار امبراطوريتهم . كذلك بنوا مطاحن مائيّة تدار بالدفع السفلي وأخرى بالدفع العلوي . الاولى تدور بفعل زخم المياه الجارية والثانية بثقل المياه الهابطة . في الصورة مثل عن دفع سفلي (٦) ، يظهر فيها قادوس (١) للذرة ومجرى مائل (٢) لإيصالها الى حجر الرحى (٣) ، وفيها قناة (٤) تصبّ الطحين في كيس (٥) .

الذي عمّ استعماله اليوم العالم. وكذلك رمز الصفر والكسور. تعرّف الخوارزمي (٧٨٠ - ٨٥٠). وهو اكبر الرياضيين العرب. الى اعمالهم. وكان امين المكتبة لدى الخليفة المأمون (٧٨٦ - ٨٣٣) في بغداد. وفي سنة ٨٣٠ نشر كتابه في « الجبر والمقابلة » الذي اشتقت منه كلمة الجبر في اللغات الاوروبية. اهتمّ الخوارزمي بأصناف مختلفة من المعادلات الثنائية الدرجة. واطلق على الكمية المجهولة التي يطلب حسابها اسم « الجذر ». ارتكزت معرفة الرياضيات في اوروبا خلال القرون الوسطى بشكل رئيسي على الترجمات اللاتينية لأعماله.

اعطى العرب قدرا كبيرا من اهتمامهم للصيدلة (٣) وعلم الفلك. فقد وضعوا حسابات مفصّلة لجداول علم المثلّثات، استخدموها لتحديد اوقات الصلاة بدقّة وشؤون الملاحة في المحيط الهندي. واصبحت



(٥) - امتدّت الإمبراطورية الإسلامية في القرن الثامن من الهند حتى جبال البيرينيه. وساهمت مساهمة رئيسية في تقدم الرياضيّات والكيمياء ووضعت الأسس للانتشار العالمي للمعرفة.

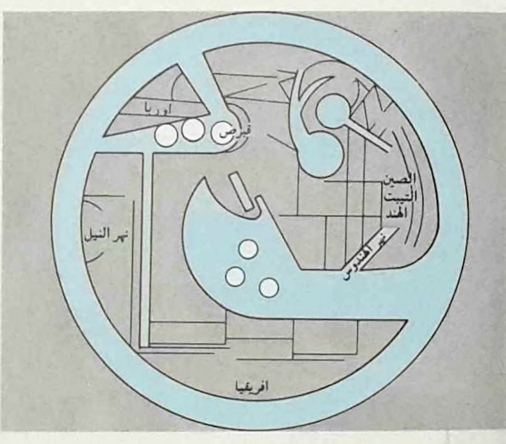


(٦) - لم يكن رودجر باكون (أ) بنفسه عالما اختبارياً او رياضياً. الاّ انّه فهم اهميّة كل من الإختبار والرياضيّات في

قرطبة في اسبانيا اكثر المراكز الثقافية تقدما في اوروبا .

العلم والتكنولوجيا عند الصينيين

نقل العرب ايضا الى اوروبا اختراعات الصينيين واكتشافاتهم . ومنها البارود والبوصلة المغنطيسية وطريقة الطباعة بحروف نقّالة وسروج الخيل . كان الصينيون قد اخترعوا ايضاً طريقة لصنع جهاز ضبط للساعة المائية



٧

تقدم العلم فهماً صحيحاً . وقد مكّنته مخيّلته من التقدم بمجموعة رائعة من الإقتراحات العلميّة . اختارها من مصادر عدة . تتراوح بين التلميح المبهم الى الرسم البياني الواضح . فقد فسّر تفسيراً بصريّا صحيحا (ب) لماذا يعمل دورق كروي مملوء بالماء (٢) كمرآة محرقة (٣) تركّز اشعّة الشمس (١) . وكيف (ت) تعطي عدسة محدّبة (٤) صورة مكبّرة (٥) لجسم (٦) موضوع تحتها .

(٧) ـ خريطة عربيّة . تجدر ملاحظة الأسلوب التصويري الحديث فيها . تظهر فيها كتل البحار واليابسة المعروفة لدى الجغرافيّين العرب في القرون الوسطى . ان فكرة العالم المستدير المحاط بمياه وامتداد رقعة الخريطة يدلاّن على اهميّة مساهمة العرب في ما توصّل اليه الإنسان من معرفة في هذا الميدان .

(١) . وهو الاختراع الذي يقال ان يي هوينغ اهتدى اليه عام ٧٢٥ . والذي مكّنهم فيما بعد من صنع اول ساعة ميكانيكية دقيقة . كذلك كان الصينيون قد صنعوا اوّل مقياس زلازل . ويقال انّ تشانغ هنغ اخترعه عام ١٣٢ . وفي عام ١٠٥٤ رصدوا النجم الجديد الكبير (وهو نجم مستعر ولد منه سديم السرطان) الذي اصبح في ما بعد احد اهمّ الأجرام السماويّة في تطوّر علم الفلك الاشعاعي الحديث .

العلم في القرون الوسطى

انقسمت الإمبراطورية الرومانيّة في اوروبا الى مجموعة من المعاقل لزعماء عسكريّين محليّين . وتحرّر العبيد فأصبحوا امّا قطّاع طرق او فلاّحين مرتبطين بالأرض . هكذا بدأ عهد الاقطاع . عرف الذين استقرّوا حول النقاط المحصّنة بالبورجوازيّين . لأنهم عاشوا خارج القلاع او المدن المحصّنة . كثيرون منهم كانوا من اصحاب الحِرَف . لذلك اعتمدوا على ما كان يمكنهم تعلّمه من اصحاب الموسوعات العرب . الاّ انّ نظرتهم الى المعرفة القديمة كانت اكثر فرديّة . احد هؤلاء الرجال . ممّن لعبوا دوراً مميّزا في تقدّم العلوم في القرون الوسطى . هو ليوناردو فيبوناتشي من مدينة بيزا (١١٨٠ ؟ ـ ١٢٥٠) . كان ابوه يعمل على سواحل افريقيا الشماليّة . وهناك تعلّم ليوناردو اللّغة العربية والحساب . وعندما رجع الى بيزا . ادخل الأرقام العربية الى اوروبا .

كان ابرز العلماء الانجليز في القرون الوسطى رودجر باكون (١٢١٤ ـ ١٢٩٤) . وهو الذي اقترح تركيب مجموعات من العدسات لصنع المراقب والمجاهر (٦) .

العِلم مِن عهد الخيمياء الى عهد العقلانية

اكتسب الإنسان منذ القدم بعض المعرفة العمليّة بكيفيّة صنع المواد . الاّ انّ العمل في الحِرَف كان يعتبر مهنة حقيرة . كانت شروط العمل السيّئة احد أسباب هذه النظرة . فقد جاء عن كاتب مصري قوله عام ١٥٠٠ ق . م : انّ رائحة عامل المعادن كريهة كرائحة بيض السمك .

الخيمياء وعصر النهضة

في القرن الثاني للميلاد اصدر الامبراطور ديوقليتيانس (٢٤٥ - ٣١٣) أمراً بإتلاف جميع الكتب المعالجة لشغل الذهب والفضّة والنحاس . وذلك لمنع التزييف والتضخّم المالي . ممّا ادّى الى التقليل من الأبحاث

١



٢ ٣



(١) - تعكس العمليات الخيميائيّة الممثّلة بالرسوم على هذه المخطوطة العربية التأثيرات الثقافيّة المتلاقية . اخذ العرب الخيمياء عن أهل الاسكندرية ونشروها في اوروبا في حوالى القرن الحادي عشر . لقد حسّنوا تقنات الاختبار التي وضعها الاسكندريون . لكنّهم لم يتمكّنوا من التحرّر كليّاً من تأثيرات بعض نظريّاتهم التي كانت مليئة بالأسرار وقائمة على الإعتقاد بأن الأشياء مسكونة بالأرواح .

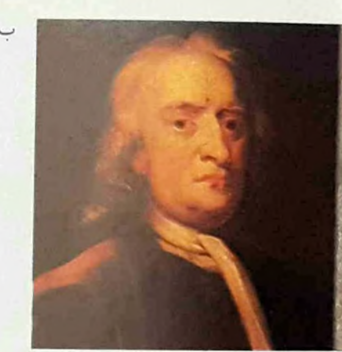
(٢) - مكّن الاسطرلاب الفلكيين من تحديد موقع أي نقطة او أي جسم معروف في السماء في ايّة لحظة . استعمله الاغريق والعرب كثيراً في التنبؤات الفلكيّة . ووصل الى اوروبا في حوالى القرن العاشر . وهو مكوّن من اسطوانتين معدنيّتين تحملان مسقطي الكرتين السماويّة والأرضية . في الوراء تدور ذراع تسمح للراصد بتحديد انحناء الجسم المراقب بالنسبة للافق وبحساب مختلف الزوايا .

(٤) - تصوّر كوبرنيكوس انّ الكواكب السيّارة تدور حول الشمس في شكل معقّد من الحركات الدوريّة . يبدو هنا أساسها . لم تعط نظريّته تنبؤات فلكيّة تفوق بدقّتها تنبؤات بطليموس (١٤٠ ق . م) . لكنّها كانت نصراً للآراء التي اظهرت الإنسان في مكانه الصحيح في الكون . جاء البرهان على ان السيّارات تدور بشكل اهليلجي عام ١٦٠٩ على يد الفلكي الألماني يوهانس كبلر (١٥٧١ - ١٦٣٠) .

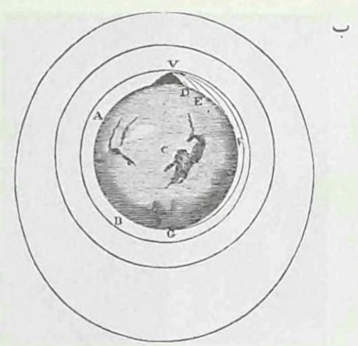
العقلانيّة في الميادين العمليّة وازدياد الإهتمام بالسحر كوسيلة لتحويل المعادن الخسيسة الى ذهب · وكانت الاسكندرية مركزاً لتطوير هذا العلم الجديد الذي سمّاه العرب « الخيمياء » نسبة الى خِم أي اسود . وهو الاسم الذي اطلق على مصر نظراً لتربتها السوداء ·

اخترع أهل الاسكندرية آلات لتسخين المواد وصهرها وتصفيتها وتقطيرها · وأدخلوا الدوارق والمعوجّات الزجاجية التي لا تزال تستعمل في مختبرات الكيمياء · تبنّى العرب (١) هذه الابتكارات وزادوا عليها ونقلوها الى غيرهم · كان جابر بن حيّان (٧٢١ - ٨١٧) اكبر كيميائيي عصره . فعمل على تحويل المعادن . وجاء بنظريّة عن مقوّماتها لم يبطل العمل بها تماماً حتى القرن الثامن عشر ·

تأسس العلم الحديث خلال عصر النهضة

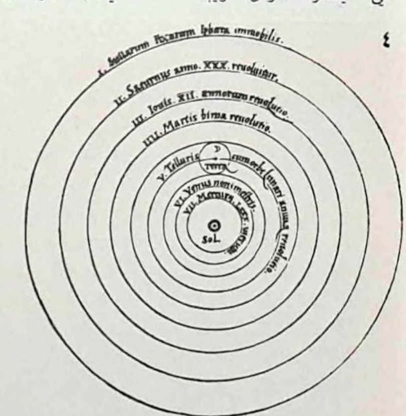


ب



(٣) ـ عمل اسحق نيوتن (أ) حساب السرعة اللازمة لجسم يدفع افقيّاً من قمة جبل كي يغادر الأرض ويبدأ بالدوران حولها · وقد نشر الرسم الذي رسمه لمسار جرم تابع اصطناعي (ب) عام ١٧٢٨ اي بعد موته بسنة · ظهر نبوغ نيوتن بعد مغادرته لجامعة كامبردج بقليل · وخلال بضعة سنوات وضع اسس حسابي التفاضل والتكامل . واوضح طبيعة الضوء واللّون . وكان قد بدأ باستكشاف نفع التحليل الرياضي في النظريّات الفيزيائيّة · يحوي كتاباه ، المبادىء (١٦٨٧) والبصريات (١٧٠٤) اهمّ انجازاته في العلوم الفيزيائيّة ·

٤



٥

ريشةُ الظل

فتحة التسديد

النظر

(٥) - ذات المربع الانجليزية . ابتكرها الرائد جون ديفيز (١٥٥٠ ؟ - ١٦٠٥) حوالى العام ١٥٩٥ للقيام ببعض القياسات بدون رؤية الشمس مباشرة · على العلويّ من قوسين مدرّجين وُضعت ريشة توجيه في موقع مناسب بحيث يقع ظلّ الشمس على فتحة تسديد ويتمكّن المراقب في الوقت نفسه من رؤية الأفق ايضا · يعطي مجموع القراءتين مسافة السمت ويمكن من استنتاج خط العرض ·

في مجتمعات المدن الايطالية ، حيث تحرّر الحرفيّون واشتهر البارعون منهم . وابرز مثال على ذلك هو ليوناردو دافنشي ، الذي لم يكن يعرف الا القليل من اللاّتينيّة ويجهل اليونانيّة ، الا انّه تمكّن من تحليل العمليات التكنولوجية علميّاً .

كوبرنيكوس وغاليليو

كان نيكولاس كوبرنيكوس (١٤٧٣ - ١٥٤٣) عالماً بولنديّاً - المانياً درس في كراكوفيا ثم في بولونيا في العقد الأخير من القرن الخامس عشر . لاحظ في بعض المؤلّفات اللاتينيّة واليونانيّة في علم الفلك قول هيراقليدس (٣٨٨ - ٣١٥ ق . م) انّ حركة الأرض تشبه حركة دولاب يدور حول محوره . ثم وجد ، بعد رصده للكواكب طويلاً ، انّه يمكن اعطاء تفسير متماسك لحركاتها على أساس انّها تدور حول الشمس .

٦ أ



ب



(٦) — أسّس انطوان لافوازييه (أ) الكيمياء الحديثة بواسطة تجارب اوصلته الى نظريّة حول طبيعة الاحتراق . كان الإحتراق يعزى فيما مضى الى انتقال مادّة تدعى اللّاهوب . وهي اهمّ عوامل التغيّرات الكيميائيّة وتنطلق أحياناً بشكل نار . سخّن لافوازييه زئبقاً وهواء في قارورة ذات عنق معقوف ، فتمكّن بذلك من القياس الدقيق لنقصان حجم الغاز وزيادة وزن الزئبق بعد تسخين دام ١٢ يوماً . بواسطة هذا الجهاز (الذي يظهر هنا (ب) نقلاً عن تصميم لافوازييه نفسه) تحقق انّه بالامكان تفسير التغيّرات تفسيراً كاملاً بواسطة ذلك العنصر الذي هو احد مقوّمات الهواء، الذي كان قد اكتشفه جوزيف بريستلي (١٧٣٣ - ١٨٠٤) . والذي اعطاه لافوازييه اسم الاكسيجين . بذلك اصبح من الممكن الاستغناء عن فكرة اللّاهوب . وتطوّرت الكيمياء لتصبح علماً عقلانيّاً يعتمد كليّاً على القياسات الكميّة . فالاختبارات توحي بالنظريّات او الفرضيّات التي يجب التثبّت من صحّتها باختبارات اخرى .

---

(٧) — كان غاليليو (أ) في الثامنة عشرة عندما اكتشف انتظام تأرجح البندول . وقد اعتمد على ذلك فيما بعد لتصميم ساعة ذات بندول (ت) . وقاد تطويره للمنظار الى أرصاد جديدة للكواكب مكّنته من اكتشاف اقمار المشتري التي وصفها لأول مرة في كتيّب عام ١٩١٠ . تظهر

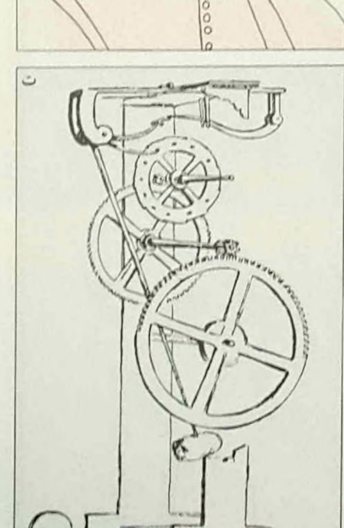
وقد نشر هذه الفكرة في رسالته حول « دورات الأجرام السماوية » عام ١٥٤٣ . وهو على فراش الموت . ربما كانت نظريّة كوبرنيكوس (٤) اهمّ نظرية علميّة في التاريخ . لأنها غيّرت تصوّر الانسان لموقعه في الكون . فالانسان كان يعتقد سابقاً بأنّ الكون يدور حول الأرض وحول نفسه . فأدرك الآن انّه ليس سوى نقطة في كون يكاد لا يتصوّر إتّساعه .

١٧



ب

ت



هنا صورة عن صفحة من هذا الكتيب (ب). اثار غضب الكنيسة عليه باعتناقه للنظريّة الكوبرنيكيّة .

اكتمل المجهود العلمي في عصر النهضة مع غاليليو غاليليي (٧) الذي مهّد الطريق للعلم الحديث . كان كوبرنيكوس قد اكتشف كيفيّة عمل النظام الشمسي . الا انّ غاليليو توصّل الى معرفة دقيقة بكيفيّة تحرّك الأشياء على سطح الأرض . قام غاليليو بتصميم تجارب لقياس السرعة الصحيحة لسقوط الاجسام . فوجد انّ جميع الاجسام التي تسقط بحرية تسقط بسرعة واحدة . وقد قام ايضاً باكتشافات عدّة . وكان لاستعماله المنظار في الأرصاد الفلكيّة نتائج دلّت بشكل مثير على انّ نظرة ارسطو للكون كانت ناقصة

قام اسحق نيوتن (١٦٤٢ - ١٧٢٧) من بعده بتأييد نظرته القائلة بأنه يمكن تعيين حركة الأجسام بطريقة صحيحة . بالاستعانة في آن واحد بالتجارب العمليّة والتفكير الرياضي معاً . وراح يحاول توسيع نطاق تطبيق هذه النظرة . فقد برهن انّ جميع مظاهر الكون الفيزيائيّة المعروفة يومئذ يمكن تفسيرها تماماً بواسطة نظريّة رياضيّة قائمة على قوانين تؤيّدها التجربة .

عصر العقلانيّة

دفعت انجازات نيوتن الى زيادة الثقة بمقدرة التفكير البشري . كان لها تأثير خاص مدهش في فرنسا . حيث قام بيار لابلاس (١٧٤٩ - ١٨٢٧) وجوزيف لاغرانج (١٧٣٦ - ١٨١٣) بتعزيز النظريّة النيوتنية والرياضيّة المساندة لها . انّ هذه الثقة الجديدة بجدوى التعاون بين التجارب والنظريّات الرياضيّة . نمت ايضاً في علوم أخرى . فأحدث انطوان لافوازييه (١٧٤٣ - ١٧٩٤) ثورة في الكيمياء استأصل بها منها آثار السحر واضعاً بذلك اسس الكيمياء الحديثة (٦) .

الرَياضيّات وَالحضَـارة

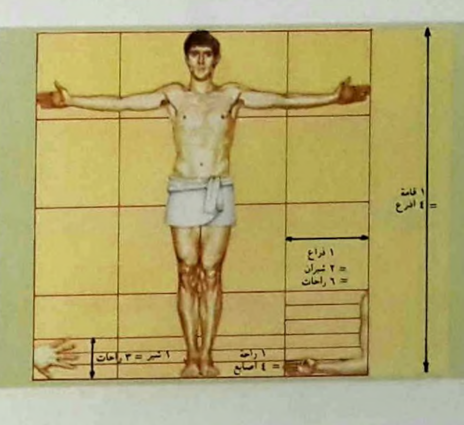
الرياضيّات نظام للتفكير المنظّم يتّسع تطبيقه باستمرار · فهي تُستَخدم في العلم والتكنولوجيا والفنّ والموسيقى والهندسة المعماريّة والاقتصاد وعلم الإجتماع والرياضة ـ في الواقع ، في جميع اوجه النشاط البشري تقريباً ـ وقد اثّرت في إتّجاه الفكر الفلسفي المتعلّق بالإنسان والكون ، وكثيراً ما عيّنت هي هذا الإتّجاه · لم تكتف الرياضيّات خلال التاريخ بعكس التطوّرات في الحضارة فقط ، بل ساهمت ايضاً مساهمة رئيسيّة في تكوين هذه التطوّرات وتوجيهها ·

الجبر والهندسة والحساب

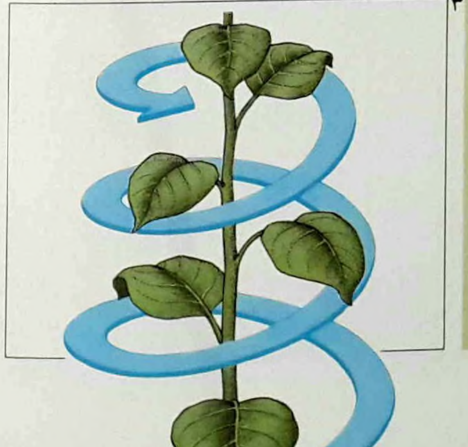
للرياضيّات ثلاثة اوجه رئيسيّة · فتركيب



(١) ـ كل شيء على الأرض ، من ذرات هذه البلورة الى اوراق شجرة ، هو مكوّن من عناصر فرديّة · تبغي الرياضيّات التوصّل الى اكتشاف العلاقات القائمة بين هذه العناصر ·



(٢) ـ من المرجّح ان يكون الإنسان قد استعمل في البدء اصابعه للعدّ . كما حدّد احجام الأجسام بالنسبة لجسمه · فالوحدات التي تعتمد على الجسم لا تزال تُستعمل في بعض البلدان الى يومنا هذا · فاليد وهي تساوي ١٠ سم تُستعمل كوحدة قياسيّة لعلوّ الخيل · وفي اميركا الشماليّة وبريطانيا لا يزالون يستعملون القدم (٣٠،٥ سم) لقياس الطول · اكثر نظم القياس قبولاً اليوم هو النظام المتريّ ·



(٣) ـ ان نسب فيبوناتشي هي دالّات في المتسلسلة $\frac{١}{٢}$ ، $\frac{٢}{١}$ ، $\frac{٣}{٢}$ ، $\frac{٥}{٣}$ ، $\frac{٨}{٥}$ الخ · هذه النسب تقترب من النسبة الذهبيّة الأغريقية · تتكوّن صور الكسور ومخارجها في السلسلة بجمع الرقمين المتتاليين في السلسلة · توجد هذه النسب في الطبيعة ، انّ خطّا لولبيّا يمر بأوراق هذه الساق (الرسم) يحتوي على فراغات ويدور بنسبة $\frac{٥}{٣}$ ·

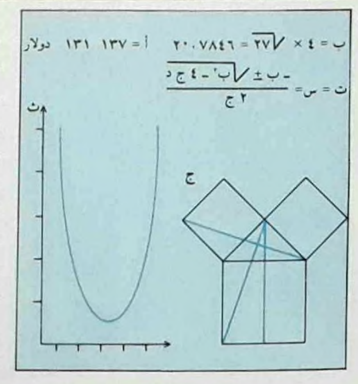
مجموعات الأجسام وضمّ بعضها الى البعض الآخر ادّى الى مفاهيم العدد (٩) والحساب والجبر؛ بينما ادّى الإهتمام بقياس الزمان والمكان الى الهندسة وعلم الفلك ومفهوم التسلسل الزمني. اما المجهود المبذول لفهم فكرتيّ الاستمرار والحدّ فقد ادّى الى التحليل الرياضي والى اختراع الحسابين التفاضلي والتكاملي في القرن السابع عشر. هذه الاوجه الثلاثة للرياضيّات تتداخل الى حدّ كبير.

لكل شيء طبيعي او من صنع الإنسان بنية تحتوي على عناصر مترابطة بطريقة خاصة ما (١). فللصخرة البلّوريّة والنبتة (٣) والسفينة الفضائيّة والنظام السياسي بنية يمكن دراستها دراسة رياضيّة. والرياضيات نتيجة لعملية عقليّة معروفة بالتجريد، يمكن فيها استبدال البنية الفيزيائيّة ببنية ذهنيّة اي بنموذج رياضي مجرّد. قوّة الرياضيّات تظهر ايضا عندما يحصل تمثيل مفاهيم مجرّدة

٤



٥



(٥) ـ ولدت الرياضيّات « لغتها » الخاصّة. فالأعداد هي أشكال مختزلة للكلمات. واذا اضيفت اليها الوحدات. فانها تحدد المقادير والقياسات الصحيحة (أ). بعض الرموز الاخرى تشير الى عمليات كعملية الضرب وتربيع الجذر (ب). في الجبر. غالباً ما تحلّ الأحرف محلّ كميّات مجهولة. كما في الصيغة (ت). بإمكان الرسم البياني (ث) تصوير الدالآت الجبريّة. ابتدع فيثاغورس اصطلاحاته الهندسيّة الخاصة (ج).

---

(٤) ـ كان القنال الكبير في البندقية موضعا مفضّلاً لدى الرسّام البندقي كاناليتو الذي كان اسمه الحقيقي جيوفاني كانال (١٦٩٧ ـ ١٧٦٨). درس رسّامو عصر النهضة الرسم المنظوري ووضعوا اسس الهندسة الاسقاطيّة في الرياضيّات وصنع الخرائط والرسم الهندسي وبذلك أمكن تمثيل جسم بأبعاده الثلاثة برسم ذي بعدين.

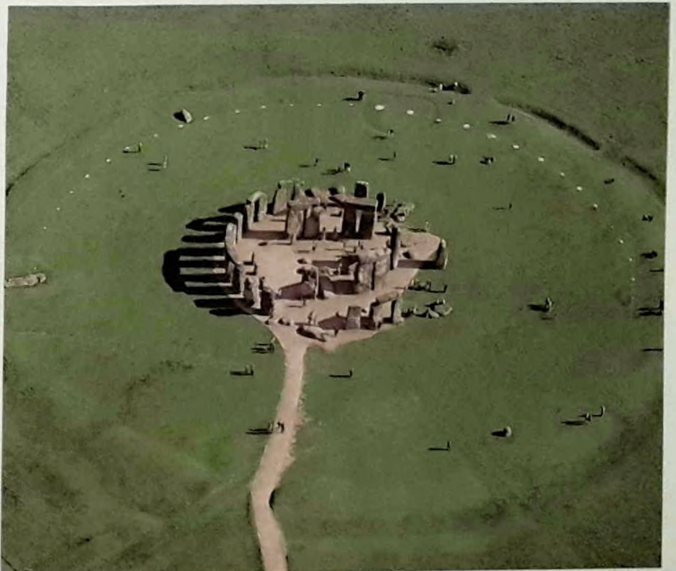
(كمفهومي العدد والمكان) برموز حسيّة قد تكون جبريّة او هندسيّة او تخطيطيّة (٥) ٠

يمكن وصف الرياضيّات ايضاً بأنها شكل من اشكال الاستقصاء او البحث الذي يجري وفاقاً لقواعد محدّدة لاستخلاص النتائج من حقائق رياضيّة مقبولة ٠ الا انّ التاريخ يظهر انّ الرياضيّات كانت ايضاً ميداناً للإبداع يحلّق فيه الحدس والخيال (٤) ٠

الرياضيّون الاولون

طوّرت جميع الحضارات البدائيّة مفاهيم الأعداد والقياسات حينما تقدّمت التجارة الى ابعد من عملية المقايضة ٠ فمنذ ٦٠٠٠ سنة تقريباً ، كان السومريّون يستعملون نظاماً للعدّ مبنيّاً على أساس العشرة (النظام العشري) ونظاماً آخر على أساس الستّين (النظام الستّوني) ٠ النظام الستّوني لا يزال مستعملاً حتى اليوم في قياس الزمن والدوران ،

٦



(٦) ـ بني هذا النصب الحجري في بريطانيا في العصر البرونزي كنوع من التقويم ٠ من المرجّح انّه كان له معنى ديني ٠

(٧) ـ وصل الرياضيّون الأغارقة بتفكيرهم المنطقي الى الفنون ، فوجدوا علاقات رياضيّة بين الموسيقى والفنّ ٠ فكانوا يرتاحون الى النسبة الذهبيّة (تساوي تقريباً ١،٦١٨) فأدخلوها في بناء البارثينون (بين ٤٤٧ ـ ٤٣٢ ق ٠ م ٠) ٠

٨



٧



أسّس الأغارقة الرياضيّات كدراسة دقيقة ، واضعين بذلك الأسس المنطقيّة للبراهين الرياضيّة ، بحيث اصبح بالإمكان استنتاج قضايا رياضيّة غير بدهيّة من افتراضات أساسيّة . انّ « مبادىء » اقليدس التي ظهرت حوالى العام ٣٠٠ قبل المسيح هي مثل ممتاز عن هذه الطريقة التي سيطرت على التفكير الهندسي لألفي سنة . فقد رأى الأغارقة جمالاً في الرقم وفي الشكل ، حتى انّ تحمّسهم

٩

(٨) ـ الحاسبة الألكترونيّة . وهي آلة حديثة « للجمع » ، حلّت مع الكومبيوتر الشديد التعقيد محلّ الآلات التي كانت تُستعمل سابقا كالحاسبة الآلية والمسطرة الحاسبة والمعداد .

(٩) ـ مفهوم العدد أساسيّ في الرياضيات . ومن المرجّح انه تكوّن أصلاً من حاجة المزارعين الى احصاء حيواناتهم وإنتاجهم ، وادّت الأعداد بدورها الى الأنظمة النقديّة ، فمكّنت من البيع والشراء .

« للنسبة الذهبيّة » (٧) قد تجلّى في فنّهم وهندستهم المعماريّة . واخذته عنهم حضارات لاحقة .

تطلّبت كل حضارة انظمة للقياس ؛ وكانت كل طريقة جديدة تنقل افكاراً عن سابقاتها . وكلما انتشرت الحضارات وازداد نفوذها وتجارتها ، ازدادت بالتالي حاجتها الى وحدات معيارية . اعتمدت الأنظمة الاولى جميعها على الأشياء القريبة الملائمة ، فاعتمدت اقساما من الجسم البشري نفسه لقياس الطول (٢) ، وطاقة عمل الثور لقياس المساحة ، والحجارة للثقل ، والجلود للحجم . كل مجتمع تعلّم ان يختار معاييره . ففي عام ١٧٩١ ابتُكر النظام المتريّ المعتمِد على المتر الذي هو جزء من اربعين مليون جزء من دائرة الأرض . وكانوا قد قاموا فعلا بقياس هذه الأخيرة . اجبرت التجارة الدولية أكثر البلدان الغربيّة على اعتماد النظام المتريّ للقياس .

تراث الأعداد

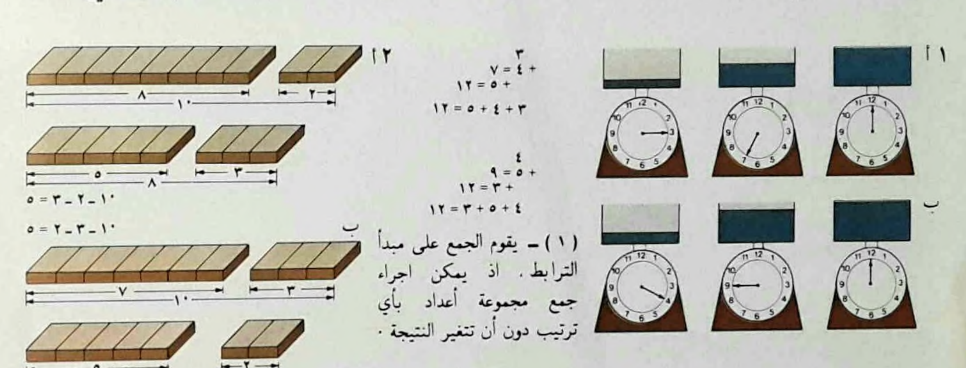
تشبه الرياضيّات كائناً حيّاً ، من حيث ان تطوّرها يتأثر بالمحيط الذي تعيش فيه . فالعصر الذهبي في اليونان اعطى الرياضيّات جمالاً بقي على حاله لقرون . اكتفى الرومان باستعمال الرياضيّات السابقة دون التعرّض لمعالجة مسائل جديدة . ساهم العرب بدورهم في تقدّم الرياضيّات . لكن لم يحصل تقدّم اساسي كبير الا بعد القرن السادس عشر . اما اليوم فاننا نشهد تغيّرا سريعاً لم يشهد له التاريخ مثيلاً . وهذا يظهر في نشوء رياضيّات جديدة وفي تطبيقاتها في معالجة مشاكل العلم والتكنولوجيا والصناعة والتجارة (٨) الخاصّة بأواخر القرن العشرين .

قواعِد الأعداد

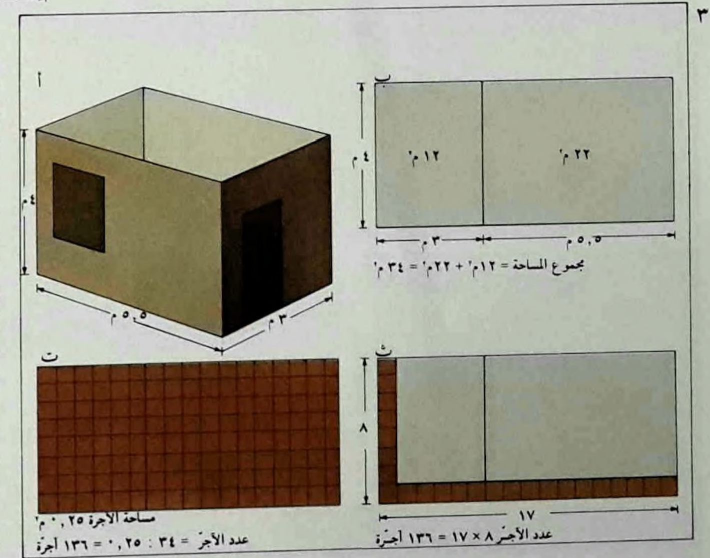
كثيراً ما يستعمل الناس الحساب في حياتهم اليومية . لكنهم قلَّ ما يعون ذلك . فكلما اشترت أمرأة شيئاً وقامت بعدّ نقودها ، فإنها تستخدم المفاهيم الأساسية للجمع وللمعادلة . وهي أساليب رياضية مستعملة منذ بدء التجارة .

القواعد الاساسية للحساب

العمليات الحسابية الرئيسية الاربع هي الجمع والطرح والضرب والقسمة . وهي تجرى بناء على قوانين أساسية تعكس أكثرها احكام الفطرة السليمة : فقانون التبادل يسري على كل من الجمع والضرب ؛ وهو يقول ان حاصل جمع ٢ + ٧ أي (٢ + ٧) يساوي حاصل ٧ + ٢ (٧ + ٢) : الشيء ذاته



(١) - يقوم الجمع على مبدأ الترابط . اذ يمكن اجراء جمع مجموعة أعداد بأي ترتيب دون أن تتغير النتيجة .



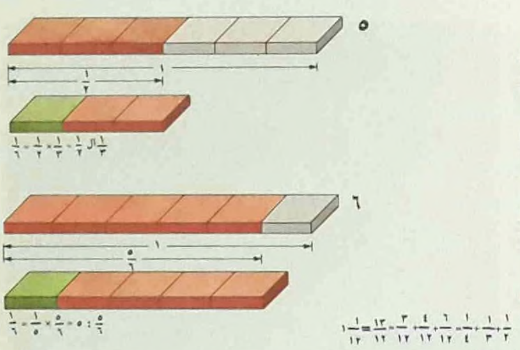
يبيّن هذا الرسم أنه عندما نزن بالتتابع (أ) ٣ وحدات من مادة ما ثم ٤ ثم ٥ ، أو عندما نزن (ب) ٤ وحدات ثم ٥ ثم ٣ ، يكون الوزن الاجمالي في كلتا الحالتين (نتيجة الجمع) واحداً ، أي : ١٢ وحدة . يمكن الحصول على هذه النتيجة بالفطرة . وهذا صحيح في كثير من القوانين الرياضية الاخرى .

(٢) - يمكن تكرار عملية الطرح حسب أي ترتيب كان . لنأخذ قطعة خشب طولها ١٠ وحدات (أ) . يمكننا البدء بقطع وحدتين منها . ثم قطع ٣ وحدات من الثمانية المتبقّية (فتكون

يصح في الضرب : ٤ × ٣ = ٣ × ٤ ، وبشكل عام : بـ × جـ = جـ × بـ ·

هناك أيضاً قانون ترتيب الحدود أو قانون الترابط . وهو امتداد للقانون السابق ؛ وهو يقول أنه عند جمع مجموعة من الاعداد أو ضربها . فإن ترتيب عمليات الجمع أو الضرب لا يؤثر على النتيجة (١) ، أي أن (بـ + جـ) + د = بـ + (جـ + د) . وكذلك (بـ × جـ) × د = بـ × (جـ × د) ·

الضرب عملية متكافئة مع عملية الجمع المتكرر · فكتابة : ٧ × ٥ مثلاً هي اختزال لكتابة : ٧ + ٧ + ٧ + ٧ + ٧ · يتعلم الناس جداول الضرب . لأنها أكثر سرعة من جمع اعمدة الاعداد · ليس باستطاعة الحاسبات الالكترونية والكومبيوتر القيام بعملية الضرب . رغم اشتهارها بالسرعة والدقة ؛ وكل ما تقوم به إنما هو فقط اجراء عمليات جمع متتالية فائقة السرعة ·



النتيجة ١٠ - ٢ - ٣ = ٥) . كذلك يمكن (ب) البدء بقطع ٣ وحدات ثم وحدتين (١٠ - ٣ - ٢ = ٥) . لكن النتيجة هي واحدة في كلتا الحالتين ·

---

(٣) ـ الضرب والقسمة عمليتان ضروريتان لحل مسائل يومية عديدة · اذا أراد رجل أن يكسو الجدارين المتلاصقين من غرفة (أ) طولها ٥,٥ أمتار وعرضها ٣ أمتار وارتفاعها ٤ أمتار بآجُرّ مربع طول ضلع الآجُرّة منها ٠,٥ متر . فيمكنه أن يرسم (ب) الجدارين كمساحتين تساويان ٢٢ م٢ و ١٢ م٢ ، فتكون مساحتهما الاجمالية ٣٤ م٢؛ ثم يرسم مساحة الآجُرّة الواحدة ، ٠,٥ × ٠,٥ م) . فتكون ٠,٢٥ م٢· أخيراً يمكن الحصول على العدد اللازم من الآجُرّ (ت) بقسمة المساحة المطلوب تغطيتها (٣٤ م٢) بمساحة الآجُرّ (٠,٢٥ م٢) ، فتكون النتيجة ١٣٦ آجُرّة · يمكن معالجة المسألة بطريقة مختلفة (ث) · المساحة المطلوب تغطيتها تساوي ٨,٥ م × ٤ م · بما أن الضلع الطويل يمكنه أحتواء ١٧ آجُرّة بطول نصف متر الواحدة . والضلع الصغير ٨ ، يكون عدد الآجُرّ اللازم ١٧ × ٨ = ١٣٦ وهو العدد ذاته الذي حصل عليه سابقاً . ولكن هذه المرة بدون حساب المساحات ·

---

(٤) ـ قبل جمع الكسور يجب وضع قاسم مشترك لها · لجمع $\frac{١}{٢}$ و $\frac{١}{٣}$ و $\frac{١}{٤}$ ، يجب كتابتها كاجزاء من ١٢ (١٢ هو القاسم المشترك الادنى هنا) أي $\frac{٦}{١٢}$ و $\frac{٤}{١٢}$ و $\frac{٣}{١٢}$ · يمكن عندئذ جمعها فتعطي $\frac{١٣}{١٢}$ ، وهو كسر غير حقيقي يمكن اختزاله الى $١\frac{١}{١٢}$ · هذا المثل يوضح لماذا لا يمكن قسمة أي شيء الى حصص تساوي $\frac{١}{٢}$ و $\frac{١}{٣}$ و $\frac{١}{٤}$ ، فمجموعها أكثر من ١ ·

---

(٥) ـ ضرب كسرين يتم بضرب الصورتين ثم بضرب المخرجين · ثلث النصف يساوي $\frac{١}{٣} \times \frac{١}{٢} = \frac{١}{٦}$ (تماماً كنصف الثلث) فلا تأثير للترتيب هنا ·

---

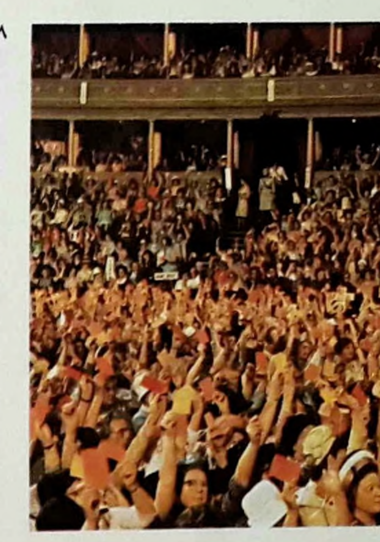
(٦) ـ قسمة الكسور تتم بقلب القاسم ثم بالضرب · مثلاً . قسمة $\frac{٥}{٦}$ على ٥ هي $\frac{٥}{٦} \times \frac{١}{٥} = \frac{١}{٦}$ ، وهو الكسر ذاته الذي حصلنا عليه في الشكل رقم ٦ أعلاه كثلث النصف ·

كما أن الطرح هو عكس الجمع، كذلك القسمة فهي عكس الضرب. أي كناية عن عمليات طرح متكررة (٣). يظهر لنا هذا عند القيام «بقسمة طويلة».

المربعات والجذور التربيعية

مربّع العدد هو العدد الناتج عن ضرب العدد بنفسه (مساحة المربع هي حاصل ضرب طول الضلع بنفسه). مربع ٣، ويكتب ٣^٢، يساوي ٩. العملية المعاكسة هي أخذ الجذر التربيعي لعدد معيّن، أي إيجاد العدد الذي اذا ضرب بنفسه يعطي هذا العدد المعيّن. إن مربّع عدد صحيح يعطي عدداً صحيحاً. الا أن الجذر التربيعي لعدد صحيح كثيراً ما لا يكون عدداً صحيحاً. وكما تبيّن للرياضي الاغريقي فيثاغورس وزملائه، لا نجد دائماً عدداً مُنطَقاً (يمكن التعبير عنه بكسرٍ حدّاه عددان صحيحان) يساوي مربّعه عدداً صحيحاً معيَّناً. الجذر

٧



٨

(٧) — كثيراً ما يتم التصويت في الاجتماعات العامة برفع الأيدي. فالذين «مع» يرفعون أيديهم، ويتم عدّهم. إلّا أن طريقة اعلان نتيجة التصويت (ككسور أو كنسبة مئوية) قد تفسح المجال لتفسيرات مختلفة لمعناها. مثلاً، في اجتماع كالذي في الصورة كان عدد الحاضرين ٥٨٠ شخصاً صوت منهم ٣٤٨ مع الاقتراح و ٢٣٢ ضده. يمكن أعلان النتيجة بطرق مختلفة، «صوّت مع الاقتراح ٣ من ٥»؛ «٤٠٪ من المقترعين صوتوا ضد الاقتراح»، «تمت الموافقة على الاقتراح بأكثرية ٢٠٪». هذه الصيغ صحيحة. فالكسور والنسب (التي غالباً ما تعطى كنسب مئوية) هي طرق مختلفة للتعبير عن المعلومات ذاتها. ولكن لو أن ٢٠٠ من الموجودين أمتنعوا عن التصويت. فالقول أن «٦٠٪ صوتوا مع الاقتراح» فنجح. يعني بالواقع أن ٢٢٨ فقط من أصل ٥٨٠ وافقوا على الاقتراح. وهذا العدد يساوي أقل من نصف عدد الحاضرين. فيكون بالحقيقة أن الاقتراح لم ينل الأكثرية فسقط.

(٨) — تستعمل النسب أيضاً لتحديد الانحدار (على الطرقات مثلاً). «انحدار واحد على تسعة» يعني رياضياً أن الطريق تنحدر وحدة طول مقابل تسع وحدات أفقية. عمليا، يتم قياس المسافات على سطح الطريق. وارتفاع ١/٩ يعني أن الطريق ترتفع متراً مقابل مسافة ٩ أمتار على الطريق. الانحدار الرياضي (في الرسم) لهذا الطريق هو ١/٨٩٤٤ م، تقريباً كما يظهر على

التربيعي للرقم ٤ هو ٢ (كلاهما صحيح) . إلّا أن الجذر التربيعي لـ ٢ يقع ما بين **١,٤١٤٢** و **١,٤١٤٣** . فالجذر التربيعي للرقم ٢ لا يمكن تحديده بدقة . لذلك يسمى « عدداً أصمّا » .

الكسور والتناسُب والنُسَب

ثلاثة أسباع $\frac{٣}{٧}$. تعني قسمة ٣ على ٧ ، وهي كسر . العدد الاسفل يُسمى المخرج ،



الاشارة . لكن النسب المئوية تسهّل عملية مقارنة النسب . مثلاً من الصعب مقارنة النسب $\frac{٧}{١٣}$ و $\frac{٢٨}{٥٣}$ ، بينما النسب المئوية المساوية لها أي ٣٥,٨٥٪ و ٥٢,٨٢٪ تظهر بوضوح بأن الاول هو الأكبر .

(٩) – قسمة الكميات الى اجزاء متساوية هي طريقة لتحويلها الى كسور . فالرياضي كالذي يقفز بالعصا يحكم حدسيا على قفزته . فيقسمها الى عدد متساوٍ من الخطوات بحيث يتمكن من غرس عصاه في المكان الاصلح للقفز . ليس بأمكانه إجراء نصف خطوة . ينطبق الشيء ذاته على قولنا أن الزجاجة نصف ملأى أو اننا قرأنا ثلث الكتاب . ففي كسر مثل $\frac{٣}{٤}$ ، ٣ تدعى الصورة و ٤ المخرج .

ويمثل عدد الاجزاء المنقسم اليها الشيء . العدد الأعلى يُسمى الصورة . ويمثل العدد المعيّن من الاجزاء المأخوذة من المخرج . مثلاً : نسبة قطعتين من الخشب طولهما ٣ أمتار و ٧ أمتار هي ٣ الى ٧ (وتكتب غالباً ٣ : ٧) . فالقطعة الصغرى يساوي طولها $\frac{٣}{٧}$ طول القطعة الكبرى .

الكسور على نوعين : حقيقية وغير حقيقية . في الكسور الحقيقية تكون الصورة أصغر من المخرج . كما في : $\frac{٣}{٧}$ و $\frac{٧}{٨}$ و $\frac{٣٩}{٤٥}$ ؛ بينما تكون صورة الكسور غير الصحيحة أكبر من المخرج . كما في $\frac{٥}{٤}$ و $\frac{٢٢}{٧}$. يتم إجمالاً اختزال هذه الاخيرة بإجراء القسمة وكتابة الباقي بشكل كسر . كما في $١\frac{١}{٤}$ و $٣\frac{١}{٧}$. تطبق قوانين الحساب على الكسور أيضاً . الا أن للكسور أحياناً طرق خاصة بها . فعملية ضرب الكسور بسيطة : تضرب الصورتان معا ويضرب المخرجان معاً . ويعبر عن الحاصل بكسر جديد . مثلاً : $\frac{٢}{٣} \times \frac{٧}{١١} = \frac{١٤}{٣٣}$. في قسمة الكسور . يجب قلب الكسر الثاني (القاسم) وضربه بالأوّل : $\frac{٢}{٣} \div \frac{٧}{١١} = \frac{٢}{٣} \times \frac{١١}{٧} = \frac{٢٢}{٢١}$. النتيجة هنا كسر غير حقيقي . يمكن اختزاله الى $١\frac{١}{٢١}$ (أي واحد وجزء واحد من ٢١) .

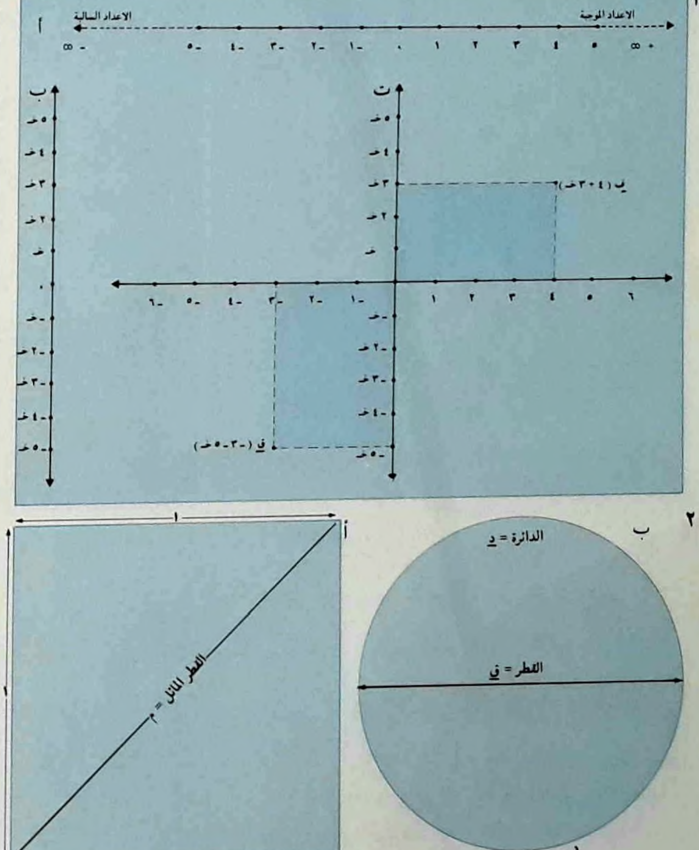
أما جمع الكسور وطرحها . فهما أكثر تعقيداً . ينبغي أولاً تحويل جميع المخارج الى ما يسمّى بالقاسم المشترك ؛ وللتبسيط يتم أختيار القاسم المشترك الادنى . ثم تجمع الصور أو تطرح حسب المطلوب . وتكون النتيجة كسراً مخرجه القاسم المشترك الادنى . ثم يجرى تبسيط هذا الكسر اذا أمكن (٤ ، ٥ ، ٦) .

لغةُ الأعداد

العدد فكرة اساسيّة . التفريق بين « واحد » و « كثير » هو من أسهل ما يفهمه الولد . فبإمكان ولد على الشاطىء التقاط حصاة واحدة ، رغم انه يرى حصى عديدة . واذا ملأ يده بالحصى ، فهو يلاحظ انّ معه اكثر من حصاة واقلّ بكثير من عدد الحصى التي يمكنه رؤيتها . للحصول على فكرة دقيقة عن الكميّة الموجودة في يده ، عليه عدّ هذه الحصى ، فيجد مثلاً انها ١٢ . « اثنتا عشرة » هي الاسم الذي يطلق على هذا العدد من الحصى .

الاعداد الصحيحة الموجبة والسالبة

تُسمّى الأعداد الصحيحة مثل ١ و٥ و٢١٢



(١) ـ انواع الأعداد ثلاثة : الحقيقيّة ، الخياليّة ، والمركّبة . يمكن تمثيل الأعداد الحقيقيّة (أ) بنقاط على خط يمتد من اللانهاية السالبة حتى اللانهاية الموجبة . وهي تتضمّن جميع الأعداد الموجبة والسالبة . الأعداد الخياليّة (ب) تعتمد على خ ، وهو الجذر التربيعي للعدد − ١ . وقد تكون ايضاً موجبة او سالبة . تحتوي الأعداد المركّبة (ت) على جزء حقيقي وجزء خيالي . ويمكن تصويرها كنقاط محدّدة ببعدها عن خطّي الأعداد الحقيقيّة والأعداد الخياليّة . مثلاً ، النقطة ف تمثّل العدد المركّب ٤ + ٣ خ ، ق تمثّل − ٣ − ٥خ . الأرقام المركّبة شائعة الاستعمال لدى العلماء .

(٢) ـ ليس بالامكان كتابة عدد اصمّ ككسر حداه عددان صحيحان . قطر المربّع ، الذي طول ضلعه وحدة طول (أ) ، يساوي طول قطره الجذر التربيعي للعدد ٢ . وهذا يساوي تقريبا ... ١,٤١٤ اي واحد وبعد الفاصلة العشرية

صحيحة موجبة . وقد استعملت منذ ان بدأ الانسان يعدّ . في القرون الوسطى ابتكر الهنود مفهوم الأعداد الصحيحة السالبة ، وذلك للتعبير عن الديون في العمليّات التجاريّة .

الأعداد الصحيحة ظلّت وافية بالغرض ، طالما كانت العمليّات الرياضيّة مقتصرة على العدّ . لكن في اللحظة التي بدأ الناس فيها بالقياس ، وجدوا انّ الطبيعة ليست منتظمة بأعداد صحيحة للطول والمساحة . فقد يصنع مزارع قضيباً للقياس (مسطرة) بوضع علامات على قضيب خشبي في نقاط متساوية الأبعاد ، كطول الأقدام مثلاً . لكنّه يجد ايضاً انّ طول أحد الحيوانات التي يملكها هو ٥ اقدام ، بينما طول الآخر قدمان فقط . وهكذا يكتشف فئة جديدة كاملة من الأعداد تُسمّى الأعداد المُنْطَقة (١ ـ أ) .

في القرن السادس ق . م . اكتشف الرياضيّون الأغارقة انّ المربّع الذي يكون

٣

قوّات العشرة	الأسم بالعربية	الأسم بالانجليزية	العدد
$١٠^{٢}$	مائة	هندرد	١٠٠
$١٠^{٣}$	الف	ثاوزند	١ ٠٠٠
$١٠^{٦}$	مليون	ميليون	١ ٠٠٠ ٠٠٠
$١٠^{٩}$	مليار	ميليارد	١ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠
$١٠^{١٢}$	بليون	بيليون	١ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠
$١٠^{١٥}$	كدريليون	—	١ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠
$١٠^{١٨}$	ترليون	تريليون	١ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠

٤



٥





سلسلة لا نهاية لها من الأرقام . كذلك نسبة محيط الدائرة الى قطرها ، وهي المعروفة بالحرف اليوناني π (بي) ، هي مثل آخر عن عدد اصم ، وتساوي ٣,١٤١٥ ... ، حيث لا ينتهي كذلك تسلسل الأرقام بعد الفاصلة العشرية . يعطي الكسر $\frac{٢٢}{٧}$ تقديرا تقريبياً للكمية π ، وهو يساوي ٣,١٤٢٨ ... . الأعداد الصماء اكتشفها الرياضي الاغريقي فيثاغورس .

(٣) ـ كتابة الأعداد الكبيرة صعبة ولها اسماء مختلفة . لكن استعمال قوّات ١٠ يسهّل كتابتها .

(٤) ـ خلال التاريخ استعملت انظمة مختلفة للأعداد . اقدم هذه الأنظمة ، كالمصرية ، استعملت رمزاً صغيراً او علامة للرقم ١ ، وكانت الأعداد الأخرى تتكوّن من تكرار الرمز ١ حتى ١٩ . كان للرومان وللمايا رمز اضافي للرقم ٥ . ولدى النظامين العربي والصيني الحديثين رموز مختلفة للأرقام ما عدا الأرقام من ١ الى ٣ التي كانت تتألف من خطوط متتالية .

(٥) ـ قد تكون على ميناء الساعة ارقام عربيّة (أ) او رومانيّة (ب) او لا ارقام مطلقاً (ت) . لأن الأرقام المكتوبة على الساعة اصبحت لا تمثّل سوى مواقع العقارب لا غير .

طول كلّ ضلع من أضلاعه مساوياً لوحدة طول ، يكون له قطر لا يمكن قياسه بدقة · فكميته يستحيل قياسها بدقّة ، كما لا نستطيع كتابتها بصيغة الكسور ، وذلك مهما تغيّر القياس المستعمل ، ومهما قُسّمت الى قطع صغيرة · لذا وجب توسيع نظام الأعداد لاحتواء هذه الفئة الجديدة من الأعداد المسمّاة اليوم بالأعداد الصمّاء (٢ ـ أ) ·

نستعمل اليوم الصفر للدلالة على غياب العدد ، وهذا لم يعرفه جميع الأقدمين · فنظام الأرقام الروماني مثلاً لم يكن فيه صفر · اكتشفه الرياضيّون الهنود حوالي ٦٠٠ م واعطوه الدور الذي يأخذه حالياً ·

الأعداد اللامتناهية والأعداد التخيليّة

قام الرياضي الاغريقي ارخميدس (٢٨٧ ـ ٢١٢ ق · م ·) بدراسة مسألة وجود اعداد لامتناهية في الكبر · انطلق من اكبر

٦ أ

ب



٧



(٦) ـ الحاسبات السريعة ضروريّة عندما تتغيّر الأرقام باستمرار ، كما في ميدان سباق الخيل (أ) او سباق الكلاب حيث تقوم آلة بحساب جميع معطيات الرهان · في الحالات الأكثر تعقيداً ، يكون من الضروري استعمال الكومبيوتر (ب) الذي يجري الحسابات بسرعة لاستعمال نتائجها فورا ·

(٧) ـ خمس برتقالات وخمس بيضات دجاج وخمس قناني ملأى بالخل ، لها جميعها الخاصيّة ذاتها اي « الخمسيّة » · يمكن استعمال العدد ٥ ، وهو الخامس على سلّم الأعداد الحقيقيّة الموجبة الظاهر في الشكل (١ ـ أ) ، لأيّة مجموعة من خمسة اشياء · شكل القناني ليس واحدا ، ولكن ذلك لا يؤثّر في عددها · زيادة القناني او اخذ بعضها فقط يؤثّران في عددها ·

(٨) ـ كان حفظ عصا الحساب اقدم أشكال العدّ · في هذه اللعبة ، وهي لعبة انجليزية قديمة ، يدفع اللاّعبون بقطع نقديّة تنزلق على لوحة وضمن أجزاء مزيّحة ، ويحفظون حساب نقاطهم بوضعهم اشارات على اللوحة بالطبشور · من المرجّح ان يكون المزارعون القدماء قد استعملوا لعدّ مواشيهم عصا حاسبة ، وهي قطعة من الخشب حفرت عليها سلسلة من الاثلام · في بعض مشارب الشاي في اوروبا اليوم يقدّم النادل للزبون حصيراً جديداً مع كل كوب شاي ويحفظ الحصير القديم معه لتسجيل عدد الاكواب المقدّمة للزبون ·

(٩) ـ المعداد نوع قديم من الآلات الحاسبة ، لا يزال يُستعمل في الصين واليابان · يحتوي المعداد على عدد من الخرز على اشرطة تقسم اجمالاً الى قسمين ، الاول مؤلّف من خرزتين (كل منها تمثّل ٥) والثاني من ٥ خُرز

عدد في النظام اليوناني للأعداد (مئة مليون) وبنى اعداداً اكبر منه . ثم قام بحساب تقديري لعدد حبّات الرمل في الكون . فتبيّن له انّ عددها لا يبلغ اكبر عدد توصّل اليه . من ذلك برهن ارخميدس انّه لا حدّاً اعلى لنظام الأعداد . وان اللانهاية ، بعكس الصفر ، ليست عدداً ، وانّه مهما بلغ كبر عدد ما ، فهناك اعداد اكبر منه .

بمفهوميّ الصفر واللانهاية اكتمل لدى الإنسان نظام للأعداد يمكن تصويره بخط يحوي جميع الأعداد الحقيقية ممتداً من اللانهاية السالبة الى اللانهاية الموجبة . لكن مع تطـور المربّعات (مربّع العدد هو العدد مضروب بنفسه) والجذور التربيعيّة (الجذر التربيعي لعدد ما هو عدد آخر يساوي مربّعه ذلك العدد) ، اصطدم الرياضيّون بمسائل كالتالية ، ما هو الجذر التربيعي للعدد – ٥ ؟ كان الظن في البدء ان مسائل كهذه مستحيلة الحل ، لعدم وجود اعداد حقيقية يعطي تربيعها نتيجة سالبة . ثم جاء رياضيّون ايطاليّون في القرن السادس عشر وابتكروا كميّة « خياليّة » **(خ)** يعطي مربّعها النتيجة ، – ١ . الأعداد التي تدخل فيها **خ** تُسمّى اعداداً خياليّة .

نظام الأعداد الشائع الإستعمال حالياً مأخوذ من النظام العربي للأعداد الذي استوحى بدوره افكاراً هندية . في هذا النظام ، لموقع الرقم في العدد معناه . باستعمال الأرقام الأساسيّة ، صفر و ١ حتى ٩ ، يصبح بالإمكان بناء اي عدد كان .

ما هي القاعدة ؟

القاعدة او الأساس هي عدد الأرقام في عدد ما . موقع الرقم مهمّ . لأنه اذا اخذنا العدد ٣٣٣ ، فأول رقم (من اليسار) يمثّل ٣٠٠ (ثلاث مئات) والثاني ٣٠ (ثلاث عشرات) والثالث ٣ (ثلاث وحدات) . الاّ انّه بالامكان استعمال ايّة قاعدة مناسبة . فالكومبيوتر الحديث مثلاً يعتمد القاعدة ٢ (النظام الثنائي للأعداد) . لأنه يمكن تمثيل الرقمين **صفر و ١** . بقطع التيار الكهربائي ووصله .

٨



٩



(كل منها تمثّل ١) . جمع الأعداد وطرحها يتمّان بإزاحة الخرز .

القياسات والأبعاد

اعطي كل من أربع طلاب (كيميائي وفيزيائي وطالب رياضيات وطالب انسانيات) بارومتراً وطلب اليه قياس ارتفاع برج . كان الكيميائي يعرف كل شيء عن الغازات . فقام بقياس ضغط الهواء على أعلى البرج وعلى أسفله بواسطة البارومتر الذي لديه . من الفرق الضئيل بين النتيجتين وجد ان الارتفاع يقع بين الصفر و ٦٠ متراً . أما الفيزيائي . فقد كان معتاداً على استعمال التجهيزات الغالية الثمن بلا مبالاة . فألقى بالبارومتر من أعلى البرج وقاس الوقت اللازم لهبوطه الى الأرض ، ثم حسب الارتفاع فوجده بين ٢٧ و ٣٣ م . قام الرياضي بمقارنة طول ظل البرج وطول ظل البارومتر ،

١ أ

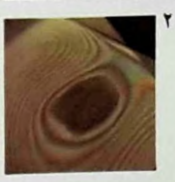


ب

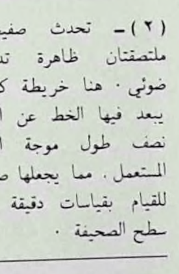


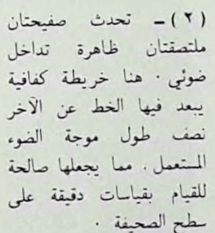
ت

٢



(١) – لتقنات القياس المختلفة درجات متفاوتة من الدقّة . فدقّة مسجّل الخط البياني (أ ـ اسفل) تقارب ١ ٪ . والميزان الكيميائي (ب) يصل الى ١ من 10^{6} بينما عدّاد الجسيمات (أ ـ أعلى) يصل الى (١ من 10^{8}) . الالتان الاخيرتان تحملان سجلاً عددياً ظاهراً . وهذا ما يسمح بتدريجها بدقّة . اما آلة القياس بواسطة الهواء (ت) . فهي تشعر بتيّار هوائي يمرّ من خلال ثغرة صغيرة وتسمح بقياس اصغر الاشياء . وتصل دقّتها الى ١ من 10^{9} اي انها تصل الى ابعد حدود تكنولوجية القياس الحاليّة (هنالك طريقة للقياس بواسطة اللايزر تصل دقّتها الى ١ من 10^{11}) . الميكرومتر هو اقل دقّة بعشرة ملايين مرة .





(٢) – تحدث صفيحتان ملتصقتان ظاهرة تداخل ضوئي . هنا خريطة كفافية يبعد فيها الخط عن الآخر نصف طول موجة الضوء المستعمل . مما يجعلها صالحة للقيام بقياسات دقيقة على سطح الصحيفة .

٣



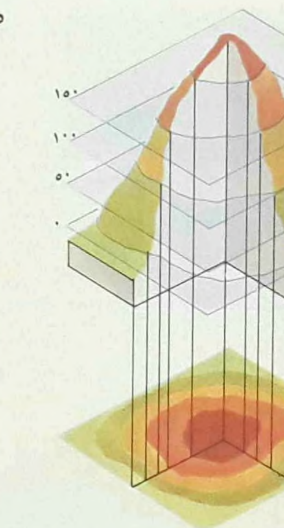
(٣) – للبنيات الدقيقة مساحة كبيرة اذا ما قورنت بحجمها . فأن النرد يزن ٢غ

فتوصل الى ارتفاع بين ٣٠ و ٣٠،٥ م . أما طالب الانسانيات ، فقد باع البارومتر واشترى بثمنه بعض كؤوس من الشراب لحارس البرج عرف منه ان طوله ٣٠،٤ م بالضبط .

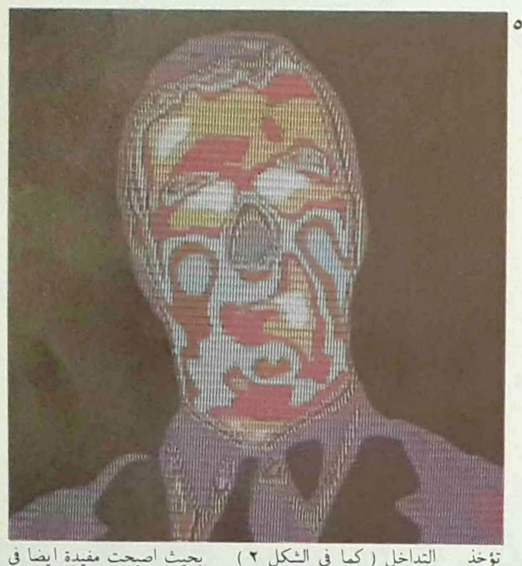
الاشياء والاعداد

كل قياس يرتكز على بعض النظريات . فهناك النظرية الفيزيائية لطريقة القياس كما هناك ايضاً المبادىء الرياضية لتحليل الأبعاد . هذا التحليل يعطي « ابعاد » الكمية المنوي قياسها على ضوء ابعاد الكميات الاساسية التالية : الطول (ط) والكتلة (ك) والزمن (ز) . فمساحة المربعات مثلاً يُحصل عليها (بأمتار مربعة) بواسطة الطول فتكون (ط^{2}) ، وابعاد الاحجام المكعبة يُحصل عليها (بامتار مكعبة) بواسطة الطول ايضاً . فتكون (ط^{3}) ؛ فإذا قيل مثلاً لطالب ان صيغة حجم الجسم المكافىء الدوراني هي

٤



٥



وتبلغ مساحته ٩ سم ؛ وقطعة السكر تتكوّن من حبات مساحة الواحدة منها ٠،٥ ملم . اما مساحتها الكلية فتبلغ حوالى ٢٠٠ سم . للغرامين من الجزيئات المنخولة على زجاجة الساعة مساحة سطح كليّة تبلغ ١٥٠٠ م .

---

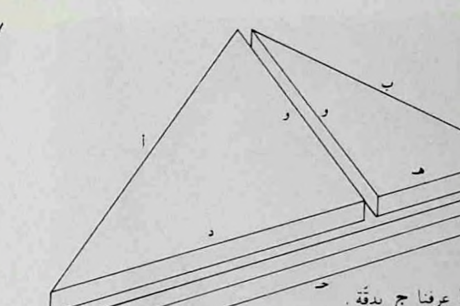
(٤) - بالتدريج الكفافي يمكن رسم شكل ذي ثلاثة ابعاد على سطح مستوٍ كما يظهر في الرسم . تؤخذ قطاعات عريضة لتلّة على ارتفاع ٥٠ ، ١٠٠ و ١٥٠ مترا وتُسقط على خريطة التلّة . يمكن تميز التلّة تميّزا لا بأس به استنادا الى هذه الخريطة . مع ان غلاظة فُرج الكفاف تفقدها بعض التفاصيل . يمكن تقدير انحدار الجوانب من خطوط الخريطة الكفافية . تعتبر « حلقات نيوتن » وما شابهها من اشكال التداخل (كما في الشكل ٢) خرائط كفافية دقيقة . هناك تقنات خاصّة تمكّن من الكشف عن عيوب صغيرة جدا في السطوح المضغوطة بواسطة خرائط كفافية من هذا النوع .

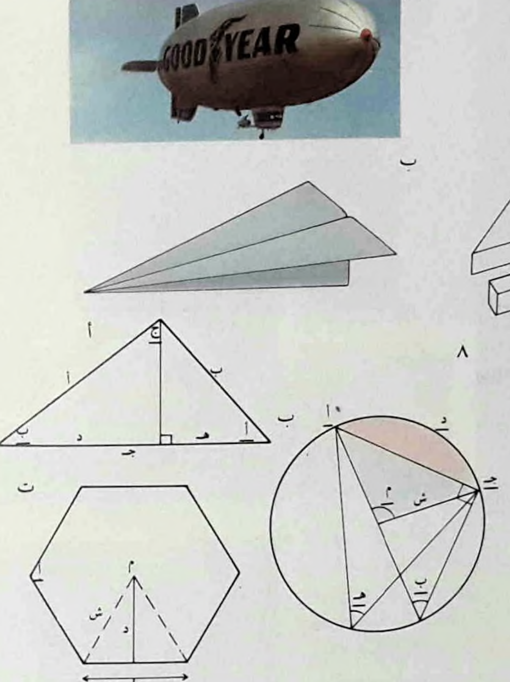
---

(٥) - يسجّل ماسح حراري بألوان كاذبة حرارة بشرة الانسان . تمكّن هذه التقنة الطبيب من دراسة مقدار تشوّه الجلد بالحروق . لقد طُوّرت بحيث اصبحت مفيدة ايضا في تشخيص بعض الامراض . كسرطان الثدي . لاستثمار الصورة تُستعمل آلة تصوير تعمل بالأشعّة تحت الحمراء . فتكشف عن مستويات الحرارة في شريط للصورة . وتُعرض الصورة مُكبُرة على شاشة تلفزيون ملوّن . يمثّل اللون الأزرق حرارة منخفضة . وكلما ازدادت الحرارة ازداد احمرار الصورة .

$\frac{\pi\, ر^{٢}}{٨ ق}$ حيث ر هي ارتفاعه و ق قاعدته . فانه يرى بدون اجراء اية عملية حسابية . ان الصيغة خاطئة لانها تتضمن حاصل ضرب طولين مقسوم على طول . فتكون الابعاد ($\frac{ط^{٢}}{ط}$) = (ط) · فهي تمثل مساحة ولا يمكنها اذن تمثيل حجم · الصيغة الصحيحة هي : $\frac{\pi\, ر^{٢} \times ق}{٨}$

ان قياس الطول بالامتار والتسارع بالامتار بالثانية بالثانية يعطي الزمن بالثانية · ان استعمال انظمة « متماسكة » لوحدات القياس ، كالنظام الدولي المعتمد في العلوم ، كفيل باعطاء اجوبة بوحدات صحيحة · مثلاً نحصل على قدرة كباس محرك بضرب سرعته بمساحته ثم بالضغط الذي يمارسه · فإذا اخترنا وحدات اقدام بالثانية وإنشات مربعة ووحدات ضغط جوّي ، يعطي الجواب ابعاد قدرته في الصيغة : $\frac{ك\, ط^{٢}}{ز^{٣}}$





(٦) ـ اذا عرفنا ج بدقّة . فبالإمكان معرفة د بقياس هـ وبالطرح ، فأي خطأ في قياس هـ يضيع في طول د الكبير · الا ان الحصول على هـ بأنها ج - د غير دقيق . لأنها فرق صغير بين كميتين كبيرتين · اسوأ من ذلك حساب و بواسطة نظرية فيتاغورس : $\sqrt{أ^{٢} - د^{٢}}$ لأن الفرق بين مربعي كميّتين كبيرتين ومتقاربتين يزيد في عدم الدقّة · لكن هـ و و طولان مختلفان . لذلك يمكن العثور على ب بدقّة باعتبارها تساوي $\sqrt{هـ^{٢} + و^{٢}}$

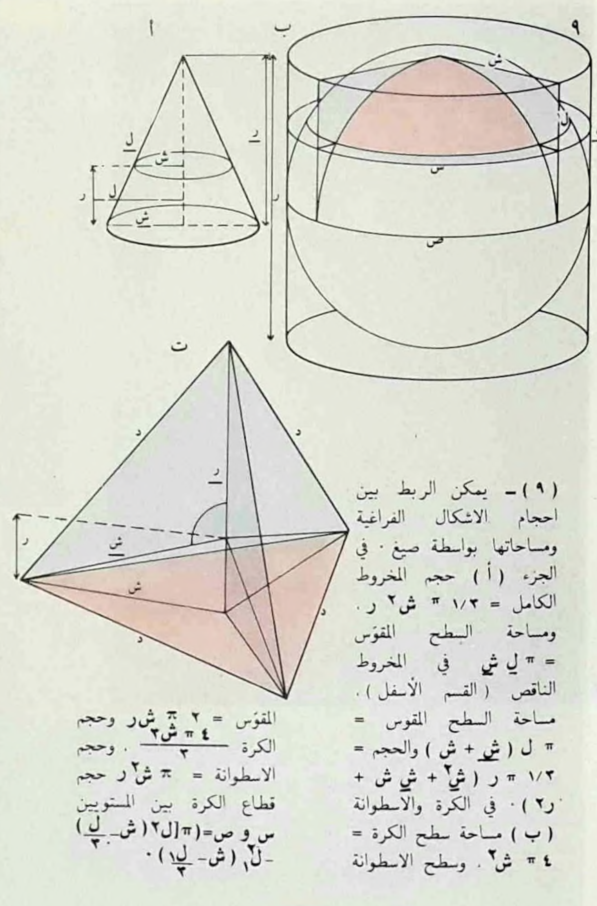
---

(٧) ـ اذا ضاعفنا حجم منطاد ، تزداد مساحته (وبالتالي وزنه) اربعة اضعاف . لكن ضخامته تصل الى ثمانية اضعاف · ان قانون نسبة المساحة الى الحجم يبيّن ان المناطيد تصبح اكثر فعالية كلما ازداد حجمها (أ) · بالعكس ، مضاعفة حجم الطائرة يزيد وزنها ٨ اضعاف ، بينما تزداد مساحة الجناحين ٤ اضعاف (ب) · لذلك فأن تصميم الطائرات الصغيرة اكثر سهولة من تصميم الكبيرة منها ·

---

(٨) ـ تجمع صيغ مختلفة بين ابعاد الأشكال المسطّحة . ففي المثلّث (أ) تنصّ صيغة جيب التمام على ان $أ^{٢} = ب^{٢} + ج^{٢} - ٢ ب ج \cdot جت أ$. وتنصّ صيغة الجيب على انّ $\frac{أ}{جا أ} = \frac{ب}{جا ب} = \frac{ج}{جا ج}$ في الدائرة (ب) الزاوية م = ٢ب = ٢هـ . ومحيط القوس أ د ج يساوي $\frac{\pi\, ش م}{١٨٠}$ في مضلّع منتظم عدد اضلاعه ن (ت) . الزاوية أ = ١٨٠ (١ - $\frac{٢}{ن}$) والزاوية م = $\frac{٣٦٠}{ن}$. ومساحة المضلّع = ١/٢ ن ق د ·

لكن هذه الصيغة لا تعطينا النتيجة بوحدات القدرة · بينما اذا استعملنا وحدات النظام الدولي (م / ث و م ٢ ونيوتنات بالمتر المربع) فأننا نحصل على الجواب بالواطات) · من انظمة الوحدات المستعملة ايضاً نظام س · غ · ث · (سنتمتر ـ غرام ـ ثانية) ونظام م · ك · ث (متر ـ كيلوغرام ـ ثانية) ·



(٩) ـ يمكن الربط بين احجام الاشكال الفراغية ومساحاتها بواسطة صيغ · في الجزء (أ) حجم المخروط الكامل = ١/٣ π ش^{٢} ر . ومساحة السطح المقوّس = π لِ شِ في المخروط الناقص (القسم الأسفل) . مساحة السطح المقوس = π ل (شِ + ش) والحجم = ١/٣ π ر (شِ^{٢} + شِ ش + ر٢) · في الكرة والاسطوانة (ب) مساحة سطح الكرة = ٤ π ش^{٢} . وسطح الاسطوانة المقوّس = ٢ π ش ر وحجم الكرة $\frac{٤ \pi ش^{٣}}{٣}$. وحجم الاسطوانة = π ش^{٢} ر حجم قطاع الكرة بين المستويين س و ص =(π [ل٢ (ش ـ $\frac{ل}{٣}$) ـ ل$_{١}^{٢}$ (ش ـ $\frac{ل_{١}}{٣}$) ·

تدريج الارتفاعات

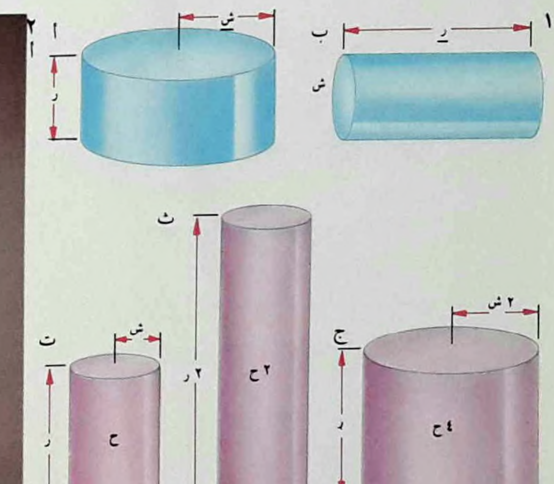
اذا صنعنا نموذجاً ، طوله ١٠ أمتار ، من العشب الحقيقي لورقة عشب ، فأنه سينهار بلحظة ؛ كذلك ، فأن برغوثاً بحجم فيل لا يمكنه الوقوف ، فكيف يمكنه ان يقفز ؟ ذلك لأن ثقل الجسم كحجمه يزداد بنسبة مكعَب ارتفاعه ، بينما قوته تزداد بنسبة مربع ارتفاعه فقط · فكثير من الخصائص المترابطة للاجسام تتغير بطرائق مختلفة · لذلك لا يمكن حساب القوة الدافعة للطائرة من تجاربٍ تتم على نموذج للطائرة في نفق هوائي في المختبر · للتخلص من هذه الصعوبة ، يستعمل العلماء احياناً نسباً بدون ابعاد · مثلاً ، يستعمل الفيزيائيون في دراسة انكسار الضوء عدداً بدون ابعاد ، هو معامِل الانكسار ، وهو نسبة سرعتي الضوء في وسَطين شفَّافين · هذا العدد لا يتغير مقداره اذا تغيرت وحدات قياس السرعة ·

نسب بدون ابعاد

هذه النسب المتحررة من الوحدات الاعتباطية هي اساسية في العلم · فنسبة قوة التنافر الكهربائية بين بروتونين ، مثلاً ، الى قوة الجذب الكتلية بينهما هي ٣٩،١٠ تقريباً · هذه النسبة هي تقريباً نسبة قطر الكون المعروف الى قطر البروتون . وهي كذلك نسبة العمر المقدّر للكون الى الزمن الذي يقطع فيه الضوء قطر البروتون · ومربع ٣٩،١٠ ، وهو ٧٨،١٠ ، هو عدد الجسيمات تقريباً في الكون المعروف · يتساءل علماء الكون عما اذا كانت هذه النسبة تخفي معنى فيزيائياً خاصاً أو سرّاً كونيّاً معيّناً ·

البحث عن الكميّات المجهولة : الجبر

في علم الحساب ، تُمثَّل بالأعداد مختلف الكميات ، كالاطوال والمساحات ومبالغ المال . الا ان بعض المسائل الرياضية تهتم بالبحث عن عدد يمثّل كمية مجهولة . اذا كان مثلا مجموع عددين ١٠ وكان احدهما ٦ ، فما هو العدد الآخر ؟ الجواب على هذه المسألة البسيطة هو **٤** . الا ان اصول العثور عليه تقنة اساسية من تقنات الجبر . لحل هذه المسألة في علم الجبر ، نمثّل العدد المجهول بحرف **س** ونقول : لدينا **س + ٦ = ١٠** (هذه معادلة جبريّة) ؛ بطرح ٦ من كلا الطرفين تتبسّط المعادلة : **س = ١٠ - ٦ = ٤** . فبجَعل الحرف **س** يمثّل الكمية المجهولة ، تمكنّا من حل المسألة .



(١) – معادلة حجم الاسطوانة هي : **ح = π ش^{٢} ر** . حيث **ش** هي شعاع احد الطرفين و **ر** الارتفاع . الاسطوانتان **(أ و ب)** متساويتان في الحجم وتختلفان في الارتفاع والشعاع . في الواقع قطر الاولى يساوي تقريبا ارتفاع الثانية . اي ان **ر = ٢ش** تقريبا و **٢ش = ر** تقريبا . في اسطوانة اخرى **(ب)** ، حجمها **ح** ، اذا ضوعف الارتفاع يُضاعف الحجم **(ث)** . (لأن حجم **(ث) = π ش^{٢} ر** وحجم **(ث) = ٢ π ش^{٢} ر**) . ولكن اذا ضوعف شعاع الاسطوانة **ش** ، يزداد الحجم اربعة اضعاف **(ج)** (لأن حجم **(ج) = π (٢ش)^{٢} ر = ٤ π ش^{٢} ر**) . يسمح لنا الجبر بالتنبؤ بهذه التغيرات .

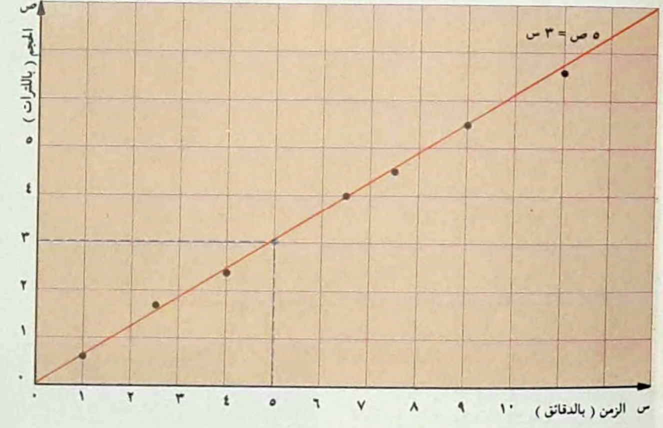
(٢) – تستخدم امرأة ساعة مصوّر فوتوغرافي لتوقيت معدّل امتلاء دلو بسائل **(أ)** (حجم الدلو مدرّج بالداخل بالليترات) . نتائج القياسات تظهر في الجدول **(ب)** . ما هو حجم السائل في الدلو بعد **٥** دقائق ؟ لحل هذه المسألة نضع رسما بيانيا **(ت)** يظهر فيه الحجم (بالليترات) على

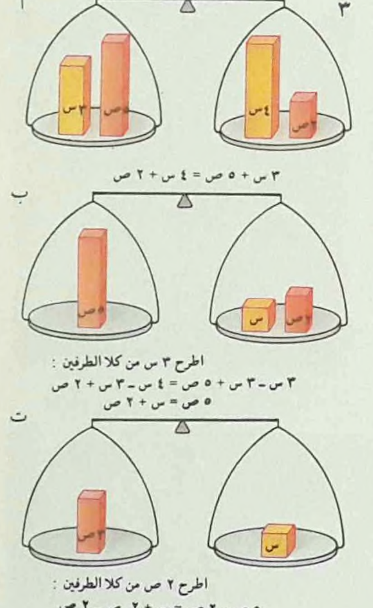
الرياضيون الاغارقة والعرب

استعمل رياضيون اغارقة . ومنهم ديوفانتوس (القرن الثالث ق ٠ م ٠) . الأحرف في المعادلات ٠ لكن كلمة الجبر اتت من العربية . ومعناها تجبير العظام . وقد جاءت جزءا من عنوان كتاب للرياضي العربي الكبير الخوارزمي ٠ بحلول القرن السادس عشر اصبحت المسائل الرياضية تصاغ في الغرب بتعابير جبريّة ٠ وقد بدأ بذلك في فرنسا فرنسيسكوس فياتا (١٥٤٠ ـ ١٦٠٣) ٠ ثم ادخل الرياضي الفرنسي رينيه ديكارت (١٥٩٦ ـ ١٦٥٠) الاصطلاح الذي اصبح شائعا لاستعمال الاحرف الاخيرة من الابجدية اللاتينية (X , Y , Z) للدلالة على الكميات المجهولة . والاحرف الاولى (a , b , c) للحلول محل الاعداد المعلومة ٠

ب

الدقائق (س)	١,٠	٢,٥	٤,٠	٦,٥	٧,٥	٩,٠	١١,٠
اللترات (ص)	٠,٦	١,٧	٢,٣	٤,٠	٤,٥	٥,٥	٦,٦





الخط بمقابل الزمن (بالدقائق) ٠ يمكن اذ ذاك قراءة الحجم المفرّغ خلال ٥ دقائق على الخط البياني . وهو ٣ ليترات ٠ استقامة الخط تدلّ على ان سرعة تدفّق السائل هي ثابتة ٠ يمر الخط بتقاطع المحورين . لذلك فأن الشكل العام لمعادلة الخط هو : **ص = م س** حيث **م** هي انحدار الخط . في هذا المثل . **م** = $\frac{٣}{٥}$ فالمعادلة اذا هي : **ص** = $\frac{٣}{٥}$ **س** او **٥ص = ٣س** ٠ يمكننا استعمال هذه المعادلة بدل الرسم البياني لحساب مقدار الحجم او الزمن ٠

---

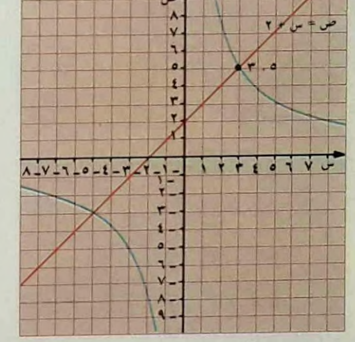
(٣) ـ المعادلة الجبرية تكون دائما في حالة توازن ٠ فمجموع الحدود التي الى اليسار يساوي مجموع الحدود التي الى اليمين . تماما كما تتعادل مجموعتان من الاشياء على كفتي ميزان (أ) ٠ من الضروري . عند تبسيط المعادلة . ان تتمّ العمليات ذاتها على الطرفين ٠ مثلا تؤخذ **٣س** من كلتا كفّتي الميزان (ب) (ومن كلا طرفي المعادلة) ٠ ثم يجري تبسيط لاحق (ت) بأخذ **٢ص** من كل جهة ٠ ينتج عن ذلك تحوّل المعادلة الاساسية **٣س + ٥ص = ٤س + ٢ص** الى **٢ص = س** ٠ يمكن ايضا ضرب طرفي المعادلة بعامل واحد او قسمتهما عليه ٠

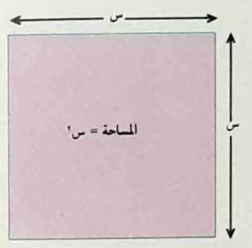
المعادلات والصيغ الجبرية

تطبّق عمليا المعادلات الجبرية العاديّة في الصيغ المختلفة المستعملة في العلوم ، ولاسيما في الرياضيات والفيزياء · فحجم الاسطوانة مثلا يعطى بالمعادلة : **ح** = π **ش**^{٢} **ر** ، حيث **ح** تمثّل حجم الاسطوانة و **ش** شعاع احدى قاعدتيها و **ر** ارتفاعها (١) ·

تعالج المعادلات (٣) والصيغ الجبرية حسب قواعد ثابتة · فبالامكان مثلا تغيير المعادلة السابقة لمعرفة ارتفاع اسطوانة ذات حجم معيّن الى المعادلة : **ر** = $\frac{ح}{\pi ش^{٢}}$ · هذه الصيغ هي عامة ، وتطبّق على جميع الاسطوانات ، سواء كانت طويلة ورفيعة او قصيرة وثخينة · هنالك صيغ مماثلة لمساحات جميع الاشكال الهندسية العادية واحجامها ·

كثير من المسائل الجبرية تحتوي على اكثر من كمية مجهولة واحدة · لنأخذ مثلا مسألة اكتشاف عددين موجبين يكون حاصل





ش
المساحة = π ش^{٢}

اذا ش = ١٠
تكون المساحة = ٣١٤,٢

اذا س = ١٧,٧٢
تكون المساحة = ٣١٤,٢

(٤) ـ يمكن وضع خط منحن على رسم بياني لتمثيل كل معادلة جبرية . وهذا من اختصاص ميدان خاص في الرياضيات . هو الهندسة التحليلية · يظهر الرسم البياني منحنيين يمثّلان المعادلتين **س × ص = ١٥** و **ص = س + ٢** · حل هاتين المعادلتين المتزامنتين يتوافق مع بعد نقاط تقاطع المنحنيين عن المحورين الأساسيين . عندما تكتب المعادلة المتعلقة بخط مستقيم هكذا ، **ص = م س + ٢** (حيث **م** هي قياس انحدار الخط المستقيم وتساوي ١) ·

(٥) ـ احدى المسائل التي شغلت واقلقت قدماء الرياضيين هي تربيع الدائرة . اي رسم مربّع تساوي مساحته تماما مساحة دائرة معيّنة · الجبر يسمح بحل هذه المسألة · لنأخذ دائرة شعاعها **ش** . فمساحتها تساوي = π **ش**^{٢} ، ومربعا ضلعه **س** . فمساحته هي **س**^{٢} ·

٦



ضربهما **١٥** وباقي طرحهما **٢** · لنمثّل العددين بالحرفين **س** و **ص** . ولنترجم المعطيات بالمعادلة : **س × ص = ١٥** · لهذه المعادلة عدة حلول : او . **٣** و **٥** ؛ **٧,٥٠** و **٢** الخ · لاجراء العملية علينا استعمال المعطيات الاخرى حول « الفرق » . فنحصل على المعادلة : **ص − س = ٢** · لكي نعرف قيمة **ص** . نحوّل هذه المعادلة الى : **ص = س + ٢** ثم نستبدل قيمة **ص** هذه في المعادلة الاولى .

ولنفرض المساحتين متساويتين اي $ش^{٢} = س^{٢}$. اي $س = \sqrt{\frac{ش}{\pi}}$ · اذا كانت **ش** = ١٠ فأن **س** = $\sqrt{٣١٤,٢}$ = **١٧,٧٢** تقريبا · اذن مساحة مربّع طول ضلعه **١٧,٧٢** سم تساوي تقريبا مساحة دائرة شعاعها ١٠ سم ·

(٦) – على بيوت هذا الشارع ارقام متتالية · يلاحظ رجل ان اربعة اضعاف رقمه تزيد بعشرة على ثلاثة اضعاف رقم جاره الذي يلي على الشارع نفسه · فما هو رقم منزله ؟ لنفرض ان رقمه هو **س** . فيكون رقم جاره ، **س + ١** . فاذن **٤س** = ٣ (**س** + ١) + ١٠ . او **٤س** = **٣س** + ٣ + ١٠ · لنطرح **٣س** من كلا طرفي هذه المعادلة . فيصبح معنا ، **س** = ٣ + ١٠ . اي ، **س** = ١٣ · رقم المنزل هو اذن ١٣ (ورقم جاره ١٤) ·

٧

٦٧١	٤٧٣	٣٤١	٢٢٠	١١٠
٦٨٢	٤٨٤	٣٥٢	٢٣١	١٢١
٦٩٣	٤٩٥	٣٦٣	٢٤٢	١٣٢
٧٧٠	٥٥٠	٣٧٤	٢٥٣	١٤٣
٧٨١	٥٦١	٣٨٥	٢٦٤	١٥٤
٧٩٢	٥٧٢	٣٩٦	٢٧٥	١٦٥
٨٨٠	٥٨٣	٤٤٠	٢٨٦	١٧٦
٨٩١	٥٩٤	٤٥١	٢٩٧	١٨٧
٩٩٠	٦٦٠	٤٦٢	٣٣٠	١٩٨

(٧) – في هذا الجدول اعداد مؤلفة من ٣ ارقام · ولها جميعها خاصّتان مشتركتان ، الاولى ان الرقم الاوسط يساوي حاصل جمع الرقمين الآخرين . الثانية ان هذه الاعداد جميعها قابلة للقسمة على ١١ · اذا مثّل **س** الرقم الاول و **ص** الرقم الثالث يكون الرقم الاوسط ، (**ص + س**) . وتكون قيمة العدد بكامله ، **١٠٠س + ١٠ (س + ص) + ص** اي **١١٠س + ١١ص** ، يعطي اختزال العبارة وتحليلها الى عواملها ، **١١ (١٠س + ص)** · وهي صيغة نهائية تطبّق على جميع الاعداد في الجدول ويظهر منها ان هذه الاعداد قابلة للقسمة على ١١ ·

فنصل الى المعادلة **س × (س + ٢) = ١٥** او **$س^{٢}$ + ٢س − ١٥ = صفر** ·

تتخذ المعادلات الجبرية تماما معنى آخر . اذا اخذنا نقاطا على سطح مدرّج وحدّدنا هذه النقاط بالمسافة بين كل منها وبين محورين (المحور **س** والمحور **ص**) · فالمعادلة **س × ص = ١٥** مثلا تمثّل منحنيا يحتوي جميع النقاط التي حاصل ضرب مسافتها **س** بمسافتها **ص** يساوي ١٥ · والمعادلة **ص = س + ٢** تمثّل خطا مستقيما . وكل نقطة عليه تناسب هذه المعادلة · اذا رسمنا هذين المنحنين **(٤)** (حتى الخط المستقيم يسمّى منحنيا في لغة الرياضيات) . فأنهما يتقاطعان في نقطة مسافتها **س = ٣** و **ص = ٥** . وقد اصطلح على تمثيل هذه النقطة هكذا : **(٣ ، ٥)** ·

يساعد الجبر على فهم الأحاجي والتناقضات الظاهرية · فأي عدد مؤلف من ثلاثة ارقام . ويساوي الرقم الوسط فيه مجموع الرقمين الآخرين . هو عدد قابل للقسمة على ١١ · لماذا ؟ يمكن الحصول على الجواب بواسطة الجبر **(٧)** ·

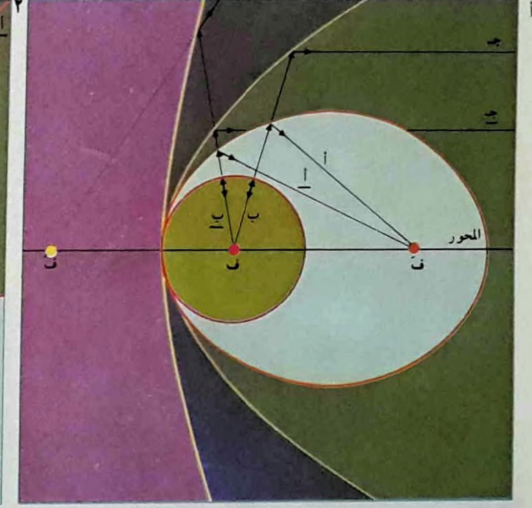
المحافظة على التوازن

الامثلة المعطاة حتى الآن تظهر قدرة الجبر على حل المسائل . لاسيما بواسطة التصرف بالمعادلات · لكن هذا التصرف يتّبع قواعد معيّنة · فاذا كان لدينا عددان مجهولان **س و ص** . فالمعادلة تُبسّط اذا رتّبناها بحيث لا تظهر كل من **س** و **ص** الا في طرف واحد · وهذا ممكن التحقيق باضافة الكمية نفسها الى طرفي المعادلة او طرحها منهما · **(٣)**

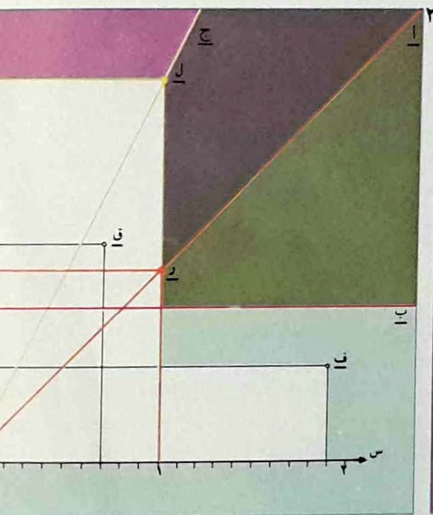
المنحنيات الرياضيَّة

لدى كل من يستطيع التقاط كرة ادراك بديهي للمنحنيات الرياضية وتحولاتها في الفضاء · اذا رميت كرة ، فأنها تسير بحسب منحن رياضي هو (تقريباً) القطع المكافىء · كثير من ممارسي الرياضة يستطيعون تقدير مكان سقوط الكرة ، بينما هي لا تزال بعيدة في الفضاء · هذا التقدير ليس مجرد اعتماد على النظر · فالتقاط كرة تسير على بساط طويل من المطاط ، كالتي تستعمل في بعض التدريبات على كرة المضرب ، يكاد ان يكون مستحيلاً ، حتى ولو كانت الكرة قريبة وبطيئة الحركة ، اذ انها تسير على منحن غير قطعي مكافىء ، وهذا ما يربك الحركات العفوية التي تكون

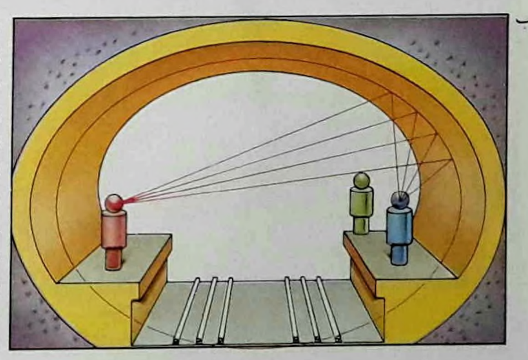
١أ



٢



ب





(١) - للقطوع المخروطية (أ) خاصة مميزة هي أنها جميعها تعكس الضوء والصوت · للاهليلج بؤرتان (ف ، فَ) تتجمع الاشعة المبتعثة من أحداهما (أ ، أ) في الثانية ، الدائرة شكل خاص من أشكال الاهليلج تتطابق بؤرتاه . فتنعكس الاشعة المبتعثة من المركز على نفسها (ب ، ب) . القطع المكافىء يشبه الاهليلج . إلا أن احدى بؤرتيه بعيدة حتى اللانهاية . لذلك فالأشعة تنعكس متوازية مع محورها الحقيقي (ج ، جـ) ، القطع الزائد يعكس الاشعة من ف كما لو كانت آتية من بؤرة فً ، موجودة وراءها · أنفاق مترو باريس اهليلجية الشكل تقريباً . ويمكن أن يسمع همس من رصيف الى آخر بسبب التركيز البؤري (ب) ·

قد اعتادت على الخط القطعي المكافىء ·

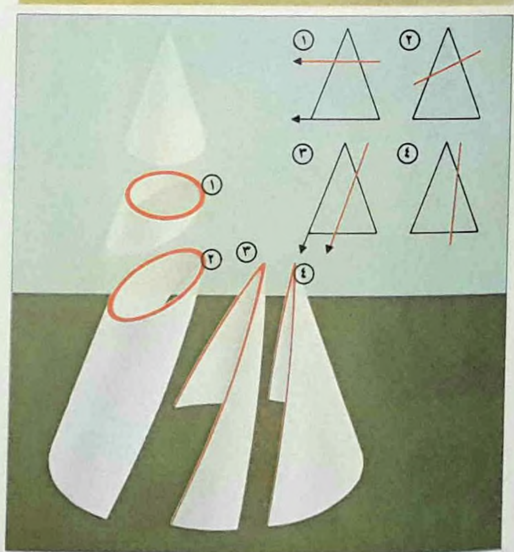
المنحنيات والمعادلات والقوانين

من مهمة خبراء المدفعية والمسؤولين عن مراقبة سير القذائف البعيدة المدى ان يتنبأوا بمسارات المنحنيات ، تماماً كما يفعل ممارس الرياضة . لكن افتقارهم الى ارتكاساته العفوية يجعلهم بحاجة الى الكومبيوترات البالغة السرعة لتمثيل المسارات رياضياً .

الأمر الذي يتم لهم باستنتاج مواصفات دقيقة وكاملة للمسار وصياغتها في معادلة · فالرياضيات هي فنّ التعبير الدقيق ، وهذا ما ينطبق بالضبط على المنحني الرياضي · ليس من الضروري وضع الحسابات دائماً في معادلة ؛ فقد يكون التعبير عنها احياناً بجملة عادية اكثر وضوحاً · فالقول مثلا : « الدائرة هي موقع جميع النقاط الموجودة على بعد واحد عن مركز معيّن » هو أسهل للفهم من

٣

٤



(٢) ـ اذا اردت ايجاد معادلة لمنحنٍ رياضي . فاتبع الطريقة التالية ؛
ارسم على ورقة أولاً خطين متعامدين ، خط الاحداثي السيني (صفر ـ س على الرسم) وخط الاحداثي الصادي (صفر ـ ص) · يمكنك عندئذ تحديد كل نقطة على الورقة بالمسافة التي تفصلها عن كل من الخطين · هكذا فالنقطة ق تُحدُد بالعددين ، س = ٠،٧ و ص = ١،١٥ ، والنقطة فـ ، س = ١،٩ و ص = ٠،٥ من الواضح بالنسبة الى كل نقطة على الخط المستقيم أ (مثلاً . بالنسبة الى ر ، مع س = (١ ص = ١) تساوي المسافة س المسافة ص . أي س = ص · هذه هي اذن معادلة الخط أ . وهي صحيحة بالنسبة لجميع النقاط الواقعة عليه وغير صحيحة بالنسبة لجميع النقاط الأخرى · أما معادلة الخط ج فهي ص = ٢ س (كما يتضح من النقطة ل) ، بينما معادلة الخط ب هي ص = ٠،٨) ·

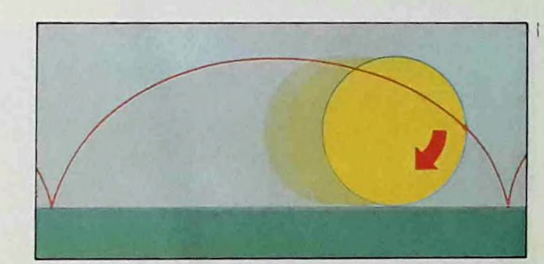
(٣) ـ كثير من الكائنات الحية تنمو بطريقة « الفائدة المركبة » ، فهي كلما كبرت ازدادت سرعة نموها · فمحار المحيطين الهندي والهادىء اللؤلئي تنمو قوقعته باستمرار وبشكل لولبي . مكوّناً بذلك « لولبا لوغاريثميا » يسمى أيضاً « لولبا متساوي الزوايا » . لأن أي خط مستقيم ينطلق من مركزه يتقاطع معه بزوايا متساوية ·

(٤) ـ اذا قطعت مخروطاً وفاقاً لزوايا مختلفة . فأنك تحصل على فصيلة مهمة من المنحنيات الرياضية ، القطع الافقي (١) يعطي دائرة ، القطع المائل (٢) يعطي اهليلجا ، السطح المتوازي مع ضلع المخروط (٣) يعطي قطعاً مكافئا ، السطح الأكثر ميلاً (٤) يعطي قطعاً زائداً · جميع هذه المنحنيات لها معادلة عامة واحدة ، بـ $س^{٢}$ + جـ $ص^{٢}$ + ٢ د س ص + ٢ هـ س + ٢ و ص = ط ·

القول انها « المنحني الذي تنطبق عليه المعادلة الرياضية : **س ٢ + ص ٢ = شَ ٢** (٧) » .

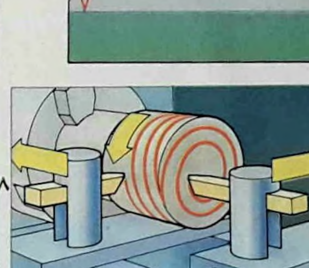
باستطاعة عالم الرياضيات التعبير دائماً عن المواصفات بمعادلة مناسبة تصح بالنسبة لجميع نقاط المنحني او السطح . ولكنها لا تصح بالنسبة للنقاط الاخرى . باستطاعته ايضاً اكتشاف جميع خصائص المنحني بمعالجة الرموز الجبرية . وهذا أسهل من استعمال الاشكال الهندسية . فعندما بنى توماس تلفورد (١٧٥٧ - ١٨٣٤) الجسر المعلّق فوق ميناي ستريت في ويلز عام ١٨٢٦ ، اضطُر الى وضع نموذج كبير لجسر فوق واد جاف للقيام بالقياسات اللازمة لمعرفة منحني السلاسل المتدلية (وهذه نتيجة مؤسفة للجهل بالرياضيات) . اما اليوم ، فباستطاعة المهندسين وضع معادلة كَبْل جسر معلّق ومعرفة كل ما تنبغي معرفته عنه .

٥ أ

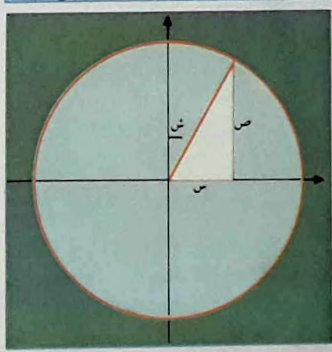


ب

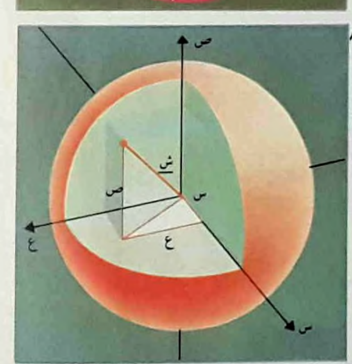
٦



٧



٨



(٥) – ان نقطة تقع على حافة دولاب يدور ترسم ما يسمّى بالشكل الدويري (أ) . اهتم غاليليو بهذا المنحني الرياضي المعروف واقترحه كشكل لاقواس الجسور . وبرهن نيوتن على أن سطحاً بهذا الشكل (ولكن مقلوباً) هو الذي ينزلق عليه جسم بأقل وقت ممكن . يرسم دولاب يدور على دولاب آخر ثابت منحنياً معروفاً بالمسار الدوري الفوقي (ب) . وعندما يكون الدولاب الاول داخل الثاني ترسم نقطة على حافته مساراً دورياً تحتيا . هذان المنحنيان يستعملان كأشكال لاسنان دولابين مسنّنين متداخلين في أجهزة نقل الحركة في آلات مختلفة .

(٦) – يتكون لولب أرخميدس من المنحني الذي تولده نقطة تدور حول مركز بحيث تكون المسافة التي تفصلها عن المركز متناسبة مع الزواية التي دارت على محورها . كذلك المنحني الحلزوني . وهو المنحني الذي ترسمه نقطة تدور على اسطوانة بسرعة تتناسب مع دورانها الزاوي الكامل . يمكن صنع كليهما آليًا بواسطة مخرطة تخترق اداتها القاطعة قطعة الشغل . يمكن رؤية المنحني اللولبي على الاسطوانات .

حتى بدون رسم مخطط بيانيّ ·

المنحنيات الرياضية تحيط بنا من كل جانب ، لأن العالم يخضع لقوانين رياضية بسيطة · فالحجر يهبط بخط مستقيم اذا سقط سقوطاً ، وبقطع مكافىء اذا رمي رمياً ، والقمر والأقمار الاصطناعية تتحرك (الى حد بعيد) بشكل اهليلجي ؛ شكل الارض والشمس يكاد ان يكون كرويا ؛ سطح سائل لا يتحرك هو (الى حد بعيد) مسطَح ؛ كل هذا بسبب الشكل الرياضي لقانون الجاذبية · كذلك تجعل قوانين البصريات لقوس قزح شكلًا يشبه قوس الدائرة ، وللقرنة المضاءة التي تشاهد احياناً في كأس او حوض معرّض لنور الشمس شكلًا دويرياً فوقياً ·

(٧) ـــ لصياغة معادلة الدائرة ، عليك أن تعمل بحيث تشكل كل نقطة من نقاط الدائرة مثلّثاً قائم الزوايه يكون ضلعاه س و ص ووتره شعاع الدائرة ش · نظرية فيثاغورس تقول بأن $س^2 + ص^2 = ش^2$ · في النقاط الواقعة خارج الدائرة ، تكون $س^2 + ص^2$ أكبر من $ش^2$ ، بينما داخل الدائرة $س^2 + ص^2$ أصغر من $ش^2$ ·

(٨) ـــ يمكن تعريف السطوح الرياضية ، كما تعرّف المنحنيات ، باستعمال ثلاثة محاور س و ص و ع ، كل منها متعامد مع الآخرين · تكون معادلة الكرة : $س^2 + ص + ع^2 = ش^2$ ، وتكون $س^2 + ص^2 + ع^2$ أكبر من $ش^2$ لكل نقطة خارج الكرة ، وأصغر من $ش^2$ داخلها · ويتم توازن المعادلة على الحد الفاصل بين المنطقتين ·

(٩) ـ هذه الجسور الثلاثة على نهر تاين هي منحنيات وضعت موضع التنفيذ العملي ·

٩



من النظرية الى التطبيق

تدخل المنحنيات والسطوح الرياضية في مختلف النشاطات البشرية · فسطوح العدسات مثلًا كروية ، وذلك ليس لأن هذا الشكل مثالياً بالنسبة لعلم البصريات فحسب (فهو لا شك جيد) ، بل لأنه سهل الصنع · فالسطح الكروي هو الوحيد الذي يحافظ على شكله وتقوّسه كيفما ادرته ·

الشكل الاسطواني ايضاً شائع الاستعمال ، كما في الانابيب والقضبان والبراغي ، كذلك الثقوب مألوفة جداً لسهولة الحصول عليها بمجرد دوران الآلات ·

ابراج التبريد ذات سطوح زائدة ، لأن وجود الطيّتين يعطيها مقاومة افضل للاثقال والرياح ، كذلك البوق فهو يتسع تدريجياً نحو الخارج ، لأن هذا الشكل مثالي من الناحية الرياضية لأخراج الاهتزازات الصوتية القوية الى الخارج ·

الجمال والرياضيات

ان اشكال برج التبريد والبوق وقوس الجسر والتلسكوب اللاسلكي وغيرها من المنجزات الهندسية مشتقة كلها من الفيزياء الرياضية البحتة · مع ذلك ، فهي تتمتع بمستوى من الجمال حبذا لو وجد في بعض الابنية والسيارات التي لم يشعر مصمموها بحاجة لاستعمال الاشكال الرياضية ·

اللوغاريثمات والمسطرة الحاسِبة

بينما كانت الرياضيات وتطبيقاتها تتقدم ، وجد الناس انفسهم مضطرّين للقيام بالمزيد من الحسابات المعقّدة ، لاسيما تلك التي تنطوي على الضرب والقسمة . فالكومبيوتر الحديث والحاسبة الالكترونية يتطلّبان ، للقيام بعملية ضرب ، حوالى عشرة اضعاف الزمن اللازم للقيام بعملية جمع . كذلك يعمل دماغ الانسان ولا يشذّ عن هذه القاعدة .

حوالي العام ١٥٠٠ تمّ تبسيط عمليتي الضرب والقسمة بادخال الكتابة العشرية . ثم قام الرياضي السكوتلاندي جون نابير (١٥٥٠ ـ ١٦١٧) بنشر كتابه « وصف قاعدة اللوغاريثمات العجيبة » عام ١٦١٤ فافتتح به

(١) ـ يمكن استعمال جداول اللوغاريثم لضرب الأعداد او قسمتها . في هذا المثل نجد ١،١١٣ عندما نجمع لوغاريثم ١،١١ مع لوغاريثم ٠،٠٠٣ . فنحصل على ٠،٠٤٦٤ . كذلك لوغاريثم ١،٤٥٦ هو ٠،١٦٣٢ . ثـم نـجـمـع اللوغاريثمين معا فنحصل على ٠،٢٠٩٦ فيكون حاصل الضرب المطلوب هو العدد الذي يساوي لوغاريثمه ١،٦٢٠ في الجدول . عمليا . تستعمل جداول « ضـد يـد اللوغاريثمات » للحصول على النتائج المطلوبة .

---

(٢) ـ استعمل نابير تسعة قضبان مربعة المقطع (أ) موضوعة على طبق . رقّم المقطع الأعلى منها من ١ الى ٩ . وقسّم المقاطع السفلى من كل قضيب تقسيما قطريا . واضعا عليها متواليات حسابية بالطريقة التالية ، على القضيب المرقّم ١ اعداد تزداد بنسبة ١ (١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ الخ) . وعلى الثاني اعداد تزداد بنسبة ٢ (٢ ، ٤ ، ٦ ، ٨ ، الخ) وعلى الثالث اعداد تزداد بنسبة ٣ (٣ ، ٦ ، ٩ ، الخ) وهكذا حتى القضيب التاسع (٩ ، ١٨ ، ٢٧ ، ٣٦ ، الخ) . وقد درّج الجوانب الثلاثة الأخرى لمقاطع القضبان بالطريقة عينها ، بحيث اصبح كل عدد من ١ الى ٩ ممثّلا في ٤ مواضع في مكان ما من المجموعة . لايجاد مضاعفات عدد معيّن ، مثلا ، مضاعفات ١٥٧٢ تؤخذ القضبان ١ ، ٥ ، ٧ ، ٢ من الطبق وتوضع جنبا الى جنب في مكان آخر (ب) . لحساب ٣ × ١٥٧٢ يؤخذ الصف الثالث من قطع القضيب كما في (ت) . ثم تجمع الأرقام قطريا كما هو مبيّن لتعطي الحاصل المطلوب وهو ٤٧١٦ ؛ ولضرب ٨ × ١٥٧٢ تجرى العملية عينها باستخدام الصف الثامن كما في (ث) . فنحصل على ١٢٥٧٦ وهو العدد الحاصل المطلوب ايضا . واذا اردنا الضرب بعدد اكبر (٣٨ مثلا) . يكفي ان نجمع الحواصل السابقة للضرب بـ ٣ وبـ ٨ اي ٤٧١٦٠ (الذي اضفنا اليه صفرا لأننا نضرب الآن بـ ٣٠ لا بـ ٣) و ١٢٥٧٦ . فنحصل على ٥٩٧٣٦ .

---

(٣) ـ ان تواتر نوتة موسيقية يساوي ضعفي تواتر نوتة ادنى منها بجواب . وعلى الآلات ذات صف ملامس . تكون النسب بين تواترات النوتة واجوبتها المتعاقبة على الشكل الآتي ١ : ٢ : ٤ : ٨ : ١٦ الخ . وهو

٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
٠٠٨٦	٠١٢٨	٠١٧٠	٠٢١٢	٠٢٥٣	٠٢٩٤	٠٣٣٤	٠٣٧٤	٤	٨	١٢	١٧	٢١	٢٥	٢٩	٣٣	٣٧
٠٤٩٢	٠٥٣١	٠٥٦٩	٠٦٠٧	٠٦٤٥	٠٦٨٢	٠٧١٩	٠٧٥٥	٤	٨	١١	١٥	١٩	٢٣	٢٦	٣٠	٣٤
٠٨٦٤	٠٨٩٩	٠٩٣٤	٠٩٦٩	١٠٠٤	١٠٣٨	١٠٧٢	١١٠٦	٣	٧	١٠	١٤	١٧	٢١	٢٤	٢٨	٣١
١٢٠٦	١٢٣٩	١٢٧١	١٣٠٣	١٣٣٥	١٣٦٧	١٣٩٩	١٤٣٠	٣	٦	١٠	١٣	١٦	١٩	٢٣	٢٦	٢٩
١٥٢٣	١٥٥٣	١٥٨٤	١٦١٤	١٦٤٤	١٦٧٣	١٧٠٣	١٧٣٢	٣	٦	٩	١٢	١٥	١٨	٢١	٢٤	٢٧
١٨١٨	١٨٤٧	١٨٧٥	١٩٠٣	١٩٣١	١٩٥٩	١٩٨٧	٢٠١٤	٣	٦	٨	١١	١٤	١٧	٢٠	٢٢	٢٥
٢٠٩٥	٢١٢٢	٢١٤٨	٢١٧٥	٢٢٠١	٢٢٢٧	٢٢٥٣	٢٢٧٩	٣	٥	٨	١١	١٣	١٦	١٨	٢١	٢٤
٢٣٥٥	٢٣٨٠	٢٤٠٥	٢٤٣٠	٢٤٥٥	٢٤٨٠	٢٥٠٤	٢٥٢٩	٢	٥	٧	١٠	١٢	١٥	١٧	٢٠	٢٢
٢٦٠١	٢٦٢٥	٢٦٤٨	٢٦٧٢	٢٦٩٥	٢٧١٨	٢٧٤٢	٢٧٦٥	٢	٥	٧	٩	١٢	١٤	١٦	١٩	٢١
٢٨٣٣	٢٨٥٦	٢٨٧٨	٢٩٠٠	٢٩٢٣	٢٩٤٥	٢٩٦٧	٢٩٨٩	٢	٤	٧	٩	١١	١٣	١٦	١٨	٢٠
٣٠٥٤	٣٠٧٥	٣٠٩٦	٣١١٨	٣١٣٩	٣١٦٠	٣١٨١	٣٢٠١	٢	٤	٦	٨	١١	١٣	١٥	١٧	١٩

١ حساب ١,١١٣ × ١,٤٥٦

لوغاريتم ١,١١٣ =

٠,٠٤٥٣ + ٠,٠٠١١ = ٠,٠٤٦٤

لوغاريتم ١,٤٥٦ =

٠,١٦١٤ + ٠,٠٠١٨ = ٠,١٦٣٢

للضرب اجمع اللوغارتمات

٠,٠٤٦٤

+ ٠,١٦٣٢

لوغ ٠,٢٠٩٦ =

١,٦٢٠ = ١,٤٥٦ × ١,١١٣

عهد اللوغاريثمات .

المتواليات الحسابية والهندسية

الشكل العملي الذي اتخذته آراء نابير في اللوغاريثمات هو كناية عن مجموعة من قضبان او عظام مرقّمة يمكن استعمالها للقيام بعملية الضرب بمجرّد استعمال عملية الجمع الحسابية (٢) . تعتمد هذه الطريقة - على غرار اللوغاريثمات والمسطرة الحاسبة - نوعين من المتواليات الرياضية : الحسابية والهندسية . المتوالية الحسابية هي سلسلة اعداد نحصل على كل منها باضافة فرق ثابت يدعى « الفرق المشترك » الى العدد الذي يسبقه . فالأعداد الترتيبية المتتابعة (١ ، ٢ ، ٣ ، ٦ ، الخ) هي متوالية حسابية الفرق المشترك فيها هو ١ . في المتوالية الهندسية ، نحصل على كل عنصر بضرب العنصر الذي يسبقه بعدد ثابت يعرف بـ « النسبة المشتركة » . النسبة

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
/٢	/٤	/٦	/٨	١/٠	١/٢	١/٤	١/٦	١/٨
/٣	/٦	/٩	١/٢	١/٥	١/٨	٢/١	٢/٤	٢/٧
/٤	/٨	١/٢	١/٦	٢/٠	٢/٤	٢/٨	٣/٢	٣/٦
/٥	١/٠	١/٥	٢/٠	٢/٥	٣/٠	٣/٥	٤/٠	٤/٥
/٦	١/٢	١/٨	٢/٤	٣/٠	٣/٦	٤/٢	٤/٨	٥/٤
/٧	١/٤	٢/١	٢/٨	٣/٥	٤/٢	٤/٩	٥/٦	٦/٣
/٨	١/٦	٢/٤	٣/٢	٤/٠	٤/٨	٥/٦	٦/٤	٧/٢
/٩	١/٨	٢/٧	٣/٦	٤/٥	٥/٤	٦/٣	٧/٢	٨/١

ب

١	٥	٧	٢
/٢	١/٠	١/٤	/٤
/٣	١/٥	٢/١	/٦
/٤	٢/٠	٢/٨	/٨
/٥	٢/٥	٣/٥	١/٠
/٦	٣/٠	٤/٢	١/٢
/٧	٣/٥	٤/٩	١/٤
/٨	٤/٠	٥/٦	١/٦
/٩	٤/٥	٦/٣	١/٨

ت

/٣	١/٥	٢/١	/٦
٤	٧	١	٦

٤ ٧١٦ = ٣ × ١ ٥٧٢

ث

/٨	٤/٠	٥/٦	١/٦
١٢	٥	٧	٦

١٢ ٥٧٦ = ٨ × ١ ٥٧٢

	٠	١
١٠	٠٠٠٠٠	٠٠٤٣
١١	٠٤١٤	٠٤٥٣
١٢	٠٧٩٢	٠٨٢٨
١٣	١١٣٩	١١٧٣
١٤	١٤٦١	١٤٩٢
١٥	١٧٦١	١٧٩٠
١٦	٢٠٤١	٢٠٦٨
١٧	٢٣٠٤	٢٣٣٠
١٨	٢٥٥٣	٢٥٧٧
١٩	٢٧٨٨	٢٨١٠
٢٠	٣٠١٠	٣٠٣٢

٣

تدريج لوغاريثمي اساسه ٢ . المسافات بين الاعتاب المعدنية على ملعب الأصابع في القيثار هي ايضا متسلسلة لوغاريثمية ، واذا ضغط العازف عليها بالتوالي بامكانه عزف السلم اللوني بكامله . ينطبق المبدأ ذاته على الآلات التي تكون بدون اعتاب كالكمان . غير ان الاقسام هنا لا تظهر على ملعب الأصابع .

المشتركة للمتتالية ٢ ، ٤ ، ٨ ، ١٦ الخ هي ٢ .

من المتسلسلات الثلاث التالية :

١ ٢ ٣ ٤ ٥ ....

١٠ ١٠٠ ١٠٠٠ ١٠٠٠٠ ١٠٠٠٠٠ ....

$١٠^{١}$ $١٠^{٢}$ $١٠^{٣}$ $١٠^{٤}$ $١٠^{٥}$ ....

الاولى متوالية حسابية . والثانية متوالية هندسية (نسبتها المشتركة ١٠) . والثالثة ، وهي مكافئة للثانية . تبيّن كيف ان دلائل ١٠ المتتالية في المتوالية الثانية (الهندسية) تشكّل متوالية حسابية . تسمّى دلائل ١٠ في المتوالية الثالثة لوغاريثمات الحدود .

اللوغاريثمات والبيانو والقيثار

ليست ١٠ الأساس الوحيد للوغاريثمات . فجداول نابير الأصلية اعتمدت الأساس « هـ » (وهو عدد اصمّ) . هذه الجداول لا تزال كثيرة الاستعمال في العلوم . وتسمّى

٤

(٤) ـ تحتوي المسطرة الحاسبة الحديثة على تدريجات مختلفة مثل س و $س^٢$ و س $\sqrt{}$ وجذر س وغيرها . بعضها تحتوي ايضا على دالات مثلّثية ودالات اخرى تستعمل للحسابات من قبل الملاحين والمهندسين وغيرهم .

(٥) ـ لايجاد حاصل ١,٥ × ٤ على المسطرة الحاسبة (أ) يوضع رقم ١ من التدريج الأعلى مقابل ١,٥ من التدريج الأسفل . فتظهر النتيجة المطلوبة على التدريج الأسفل مقابل ٤ على الأعلى . النتيجة هنا هي ٦ . ومثل ذلك في القسمة . فاذا اردنا ان تقسم ٦ على ٣ (ب) نضع العدد ٣ من التدريج الأعلى مقابل ٦ من الأسفل فتظهر النتيجة على الأسفل مقابل ١ على الأعلى . الجواب المطلوب هنا هو ٢ .

(٦) ـ ان الزاوية (α) بين المماسّ في اية نقطة من هذا المنحني والشعاع المنبعث من المركز هي ثابتة . لهذا السبب يطلق على هذا المنحني اسم اللولب المتساوي الزوايا .

(٧) ـ المنحني الظاهر في الشكل ٣ هو لولب لوغاريثمي . تحدث هذه المنحنيات في الطبيعة . وهي تكشف عادة عن تأثير النمو المتسارع كما في قوقعة الحلزون اللولبية . وعند الرخويات المختلفة . وفي ازهار كالتي في الصورة .

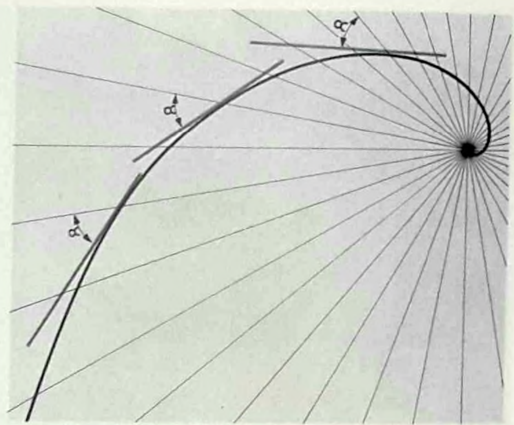
٥ أ

ب

اللوغاريثمات الطبيعية او النابيرية · درجات النغم في « نوتة » البيانو تتدرّج بنسبة لوغاريثمية على اساس ٢ . بينما الأصابع هي متتالية خطية من اجوبة النغم ·

طول الموجة الصوتية لأية نوتة يساوي ضعف طول موجة النوتة التي تعلوها بجواب · والقطع المعدنية ، المسمّاة اعتابا ، على ملعب الأصابع في القيثار ، هي متسلسلة لوغاريثمية (بالنسبة للأبعاد بينها) ·

٦



٧



اذا كتبت اعداداً بشكل قوات او دلائل ، فضربها هو مجرّد جمع الدلائل . مثلا ، $١٠^{٢} \times ١٠^{٤} = ١٠^{٢+٤} = ١٠^{٦}$ · وبما ان اللوغاريثمات هي ايضا دلائل ، فأن ضرب عددين هو مجرد جمع لوغاريثميهما . وهنالك جداول تعطي العدد الذي لوغاريثمه هو حاصل الضرب ·

المسطرة الحاسبة

المسطرة الحاسبة (٤) جهاز ميكانيكي لضرب الأعداد وقسمتها بدقّة محدودة · تتألف من مسطرتين يمكن لاحداهما الانزلاق على الأخرى . وقد حفر على كل منهما مقاييس لوغاريثمية · تجري عملية الضرب بجمع عددين والقسمة بطرحهما · يزداد اقتراب الأعداد بعضها الى بعض على طول المساطر ، بسبب السلّم اللوغاريثمي ، كما هي الحال بالنسبة للأعتاب على ملعب اصابع القيثار · خلافا للمسطرة العادية ، يكون التدريج على المسطرة الحاسبة هندسيا وليس حسابيا · ابسط اشكال المسطرة الحاسبة يحتوي على تدريجين · لضرب عددين يوضع العدد ١ على التدريج الأعلى ، مقابل احد هذين العددين على التدريج الأسفل · تأتي النتيجة على التدريج الأعلى ، مقابل العدد الثاني (٥ أ) · للقسمة يوضع العددان متقابلين ، وتكون النتيجة مقابل العدد ١ (٥ ب) · ويمكن استعمال مؤشّر منزلق شفّاف للتأكد من تقابل العددين ولتسهيل القراءة · ان درجة دقة المسطرة الحاسبة محدودة بسبب طولها · تدريجات المسطرة الحاسبة الاسطوانية يصل طولها الى المتر ، ويلتف التدريج حولها كسنّ البرغي ·

المجموعَات وَالزُمر

كان جورج كانتور (١٨٤٥ - ١٩١٨) أول من قام بدراسة نظرية المجموعات الرياضية ، ثم جاء بعده ارنست زرميلو (١٨٧١ - ١٩٥٦) فنظم هذه النظرية . الا ان مفاهيمها الأساسية كانت معروفة سابقا . قد يجد بعض الراشدين صعوبة في فهم هذه الأساليب الجديدة عليهم ، لكن الاولاد يستطيعون ادراكها بدهيًا في صغرهم . فان مفاهيم العدد والعمليات التي تتناول الأعداد ما هي سوى تجريدات انطلقت من الخبرة في فرز مجموعات الأشياء وضمّها .

تجميع الأشياء

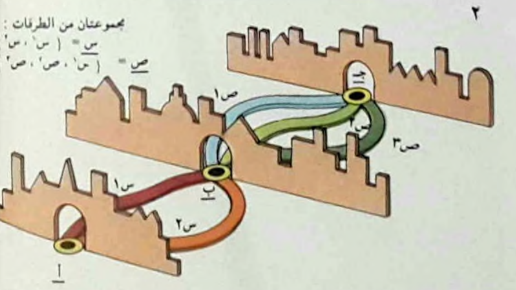
فكرة المجموعة هي حجر الزاوية في



(١) - عائلتان تتألف الاولى من ثلاثة اولاد . والثانية من ولدين . تكوّنان معا مجموعة عامة (أ) يمكن تمثيلها بيانيا (ب) وتمثيل كل من عناصرها بأحرف . الأحرف تصبح كافية لاجراء العمليات الرياضية على المجموعة بواسطة ما يعرف برسوم فين البيانية . التي كان اول من وضعها الرياضي جون فين (١٨٣٤ - ١٩٢٣) عام ١٨٨٠ . في هذه الرسوم تمثّل المساحات مجموعات من الأشياء .

(٢) - تظهر الخريطة الطرقات التي توصل بين المدينتين أ و ج . جميع الطرقات تمرّ بالمدينة ب . يشكّل الطريقان بين أ و ب مجموعة . والطرق الثلاثة بين ب و ج مجموعة اخرى . هنالك ٦ طرق ممكنة للذهاب من أ الى ج . وهذا يعرف بحاصل الضرب الديكارتي لمجموعتين . ويعني في هذه الحالة جميع الازواج من العناصر الممكن ترتيبها ، شرط اخذ عنصر واحد من كل مجموعة . ان دراسة الشبكات هي احد مواضيع الطوبولوجيا .

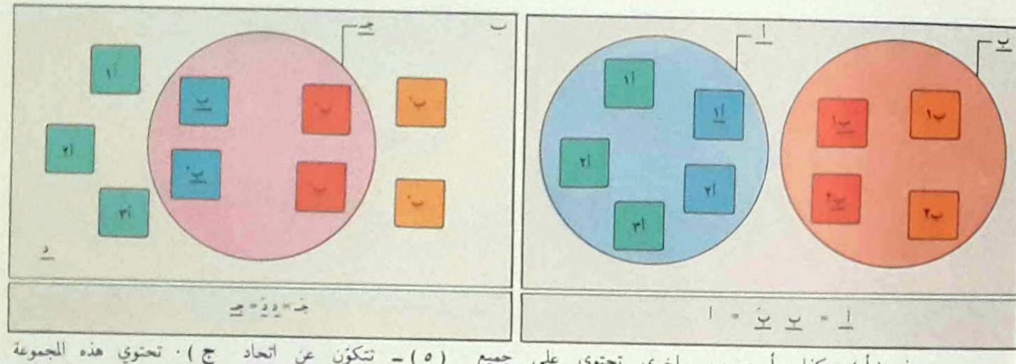
(٣) - تبيّن رسوم فين البيانية هذه كيف يمكن للمجموعة العامة (أ - ب) ان تنشطر الى مجموعتين فرعيتين . فكل عائلة يمكنها ان تشكّل مجموعة فرعية (أ) ، كما يمكن ايضاً للاهل والاولاد ان يكوّنوا مجموعات فرعية (ب) . في كلتا الحالتين تكون كل مجموعة فرعية متمّمة للأخرى ، لأنها تشمل فيما بينها جميع عناصر المجموعة العامة الاصلية . تكتب مثلا العلاقات المتتامة



ست طرقات ممكنة : س × ص { (س١ ، ص١) ، (س١ ، ص٢) ، (س١ ، ص٣) ، (س٢ ، ص١) ، (س٢ ، ص٢) ، (س٢ ، ص٣) }

الرياضيات . فهي جملة من الاشياء لها وصف او تعريف مشترك تدرج في اطار واحد . كما هي الحال مثلا في تعريف المحيطات بالقول ، هي الهادىء ، الأطلسي ، الهندي ، المتجمد الشمالي ، المتجمد الجنوبي . هذا النوع من المجموعات يكوّن مجموعة متناهية ، لأن عدد وحداته متناه ومعروف . وهو خمسة في هذا المثل . اما مجموعة الأعداد المستعملة للعدّ (مثل ١ و ٢ و ٣ .... الخ) . ويرمز اليها بحرف (ع) . فهي غير متناهية . لأنه ليس بامكاننا معرفة عدد وحداتها .

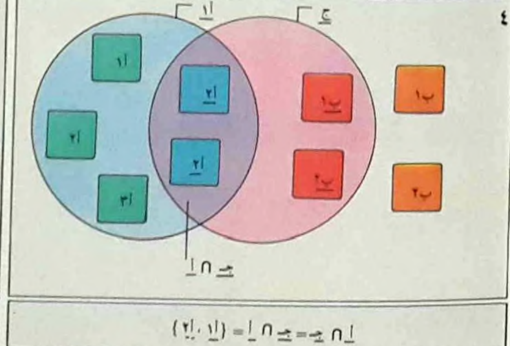
مجموعة الأعداد الطبيعية يرمز اليها بحرف ز + = (١ ، ٢ ، ٣ ، ...) . ووحداتها هي العناصر ذاتها الموجودة في مجموعة ارقام العدّ ، لذلك نقول ان المجموعتين ع و ز + متساويتان . لكن اذا تعادل عدد العناصر فقط في مجموعتين ، نقول انهما متكافئتان ، فالمجموعة (ازرق ، اخضر ،

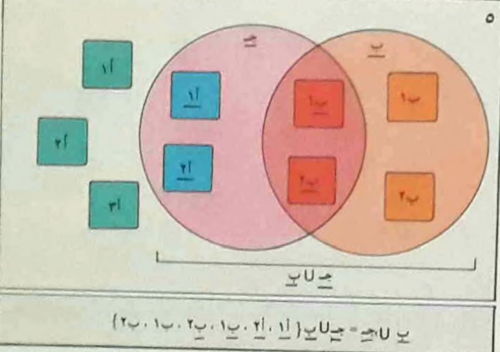


في (أ) هكذا ، أ = ب وبَ = أ .

(٤) ـ تتكوّن عن تقاطع مجموعتين مجموعة فرعية اخرى تحتوي على جميع العناصر المشتركة بينهما . هنا يعطي تقاطع المجموعتين أ و ج . (ويكتب ذلك ، أ ∩ ج) مجموعة فرعية مكوّنة من أ١ و أ٢ .

(٥) ـ تتكوّن عن اتحاد مجموعتين ايضا مجموعة فرعية اخرى تحتوي على جميع عناصر المجموعتين اللتين هما ب و ج في هذا المثل . (ويكتب ذلك ، ب ∪ ج) . تحتوي هذه المجموعة الفرعية على العناصر أ١ ، أ٢ ، ب١ ، ب٢ ، ب١ ، ب٢ . تعكس المعادلة ، ب ∪ ج = ج ∪ ب قانون التبادل .

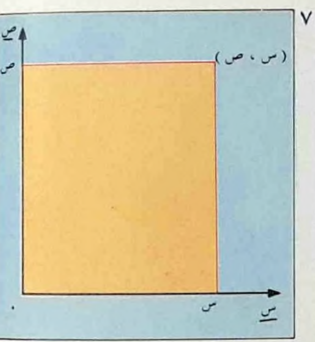


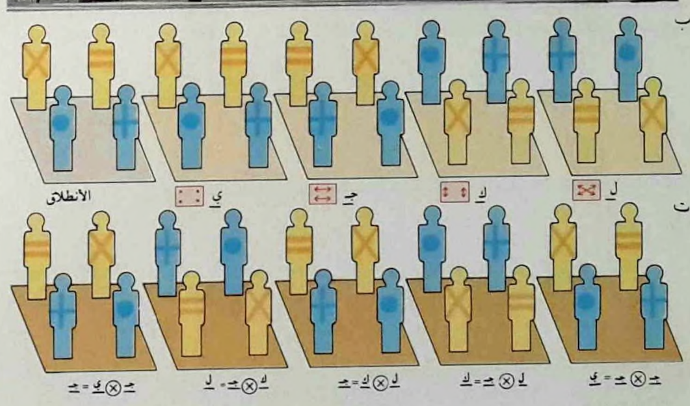


اصفر، برتقالي، احمر) متكافئة مع مجموعة المحيطات، لأن لكل منهما خمسة عناصر.

يمكن فهم لغة المجموعات بدراسة مثل خاص. فالمجموعة العامة (١)، اي مجموعة جميع العناصر موضوع البحث. يمكن تقسيمها الى ما يسمّى مجموعتين فرعيتين، منفصلتين، غير متراكبتين. اذا لم يكن ثمة اكثر من مجموعتين من هذا الصنف، تسمّى احداهما «متممة» للاخرى (٣). اما مجموعة الفيلة العائشة في القطب الشمالي، فهي مثل عن المجموعة المسمّاة «الفارغة» او «المجموعة الصفر». لأنها لا تحتوي على وحدات قط. تكتب المجموعة الصفر بالرمز **Ø** في الرسم (٣) مثلا لا يوجد تقاطع بين المجموعتين **أ** و **ب** او بين **ج** و **د**. لذلك فالتقاطع يعادل **Ø**. ان مفاهيم «التقسيم»، «المتمّم»، «التقاطع» (٤)، «الاتحاد» (٥) هي اساسية في عملية تصنيف







(٦) - يمكن لأربعة اشخاص **(أ)** يرقصون في مربع ان ينطلقوا من الزوايا وان يتخذوا مواقع مختلفة **(ب)** تتمثّل بالرموز **ي**، **ج**، **ك**، **ل**. كلما قاموا بحركات مزدوجة متتالية تنتج عن ذلك مواقع جديدة **(ت)** نصفها بقولنا مثلا «**ك** يتبع **ي**». يمكن تحليل ثلاث حركات متتالية كأنها اثنتان. والتكهّن بالوضع النهائي مثلا، **ل** يتبع **ك** يتبع **ج** يعني: **ل** يتبع **ل** يساوي **ي**.

(٧) - للمستوي المحدّد بخطين علاقة بحاصل الضرب الديكارتي لمجموعتين تمثّلان عددا لا متناهيا من النقاط على الخطوط. تُحدّد النقطة التي على زاوية المستوي بالاحداثيتين **س** و **ص**. وتكتب **(س، ص)**. هذه تسمى احداثيات ديكارتية. وتستعمل في الهندسة الاحداثية او التحليلية. حيث يمكن تمثيل جميع الخطوط بمعادلات جبرية، سواء كانت الخطوط مستقيمة او منحنية.

المعلومات ·

عن الشبكات (٢) ينشأ حاصل الضرب الديكارتي لمجموعتين · يتم ذلك بايجاد جميع العناصر الممكن ترتيبها ازواجا ، وبأخذ عنصر واحد من كل مجموعة · كلمة ديكارتي هي نسبة لرينيه ديكارت (١٥٩٦ ـ ١٦٥٠) الذي روّج مبدأ الاحداثيات (٧) ·

الجبر البُولي والجبر الافتراضي

جبر المجموعات معروف بالجبر البُولي نسبة الى جورج بُول (١٨١٥ ـ ١٨٦٤) الذي اسّس المنطق الحديث · هذا الجبر متشاكل (اي متناظر احادي) مع الجبر الافتراضي اي المنطق · يستعمل هذان النوعان من الجبر رموزا مختلفة : ففي الاول : (∪) يعني اتحاد و(∩) يعني تقاطع ; يقابل ذلك في الثاني : (∨) يعني « و » ، (∧) يعني « او » · الجبر الافتراضي يحلّل مجموعات الاحتمالات المنطقية التي تكون فيها مختلف القضايا البسيطة او المركبة صحيحة او خاطئة ·

٨

العناصر	المجموعات	المنطق	العرض
١	جـ ∩ ك	جـ ∧ ك	جـ و ك
١،٢،٣	جـ ∪ ك	جـ ∨ ك	جـ أو ك
٣،٤	جـ،	~ جـ	لا جـ
٢،٤	ك،	جـ ← ك	لا ك
١،٣،٤	جـ، ∪ ك،		جـ يتضمّن ك

(٨) ـ « الاتحاد » و« التقاطع » في نظرية المجموعات تقابلها في المنطق « و » و « أو » · هذه العلاقة تسمح بمعالجة عناصر او تجمّعات عناصر من المجموعات بمثابة قضايا منطقية ·

٩

ر　أ　ع　س

ع ⊗ أ = ر　　أ ⊗ ر = ع

(٩) ـ من اجل احداث اوجه تماثل للمستطيل ، يجب ادارته عموديا ع وافقيا أ او على مستوى الرسم ر · يمثّل الرمز س الموقع الاصلي · هنا ايضا ينتج عن تنفيذ دورانين متتاليين اعادة احد الاوضاع الاصلية الأربعة ·

يتم خلق نظام رياضي ، عندما تطبّق عملية ثنائية واحدة او اكثر على مجموعة من العناصر · العملية الثنائية هي التي تجمع عنصرين لتكوّن عنصرا ثالثا من المجموعة الواحدة · من اكثر الأنظمة الرياضية نفعا « الزُمرة » ; فهي تظهر في حالات مختلفة عدّة وتساعد على توحيد دراسة الرياضيات · نظرية الزمر وضعها ايفاريست غالوا (١٨١١ ـ ١٨٣٢) واعطاها فيما بعد أرثر كايلي (١٨٢١ ـ ١٨٩٥) شكلا منهجيا · يمكن توضيح مفهوم الزمرة بدراسة رقصة تشكيلية بسيطة (٦) ، حيث يغيّر اربعة راقصين مواقعهم (او يبقون في اماكنهم) لتأليف تشكيلات مختلفة ·

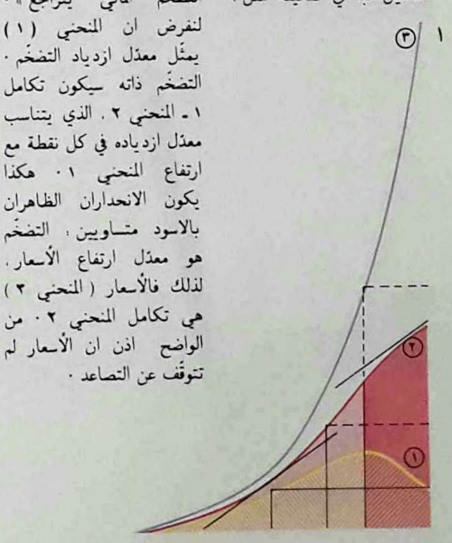
من الاختيارات الأربعة المتوفّرة لتحريك مستطيل (٩) ، تنتج مجموعة من اربعة تحوّلات · اذا اخذنا منها ازواجا وطبّقنا عليها عملية « يتبع » السابقة ، ينتج عنها جملة تحرّكات متناظرة أحاديا مع تلك التي وجدناها في المثل عن الرقص · يعرف هذان النوعان بالمتشاكلين · البحث عن التشاكلات هو بالحقيقة أساس دراسة الرياضيات ·

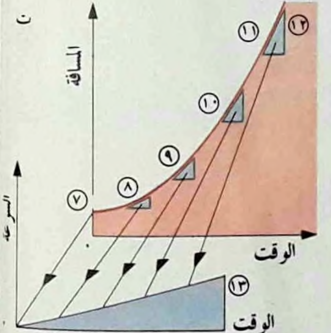
دراسة الكميّات المتغيّرة: الحساب

جاء في مجموعة «مفردات سياسية» نشرتها صحيفة غوارديان اليومية تحديد ساخر لكلمة «تناقص»: «انخفاض في معدّل الازدياد - كما في البطالة والجريمة والتضخم المالي والضرائب وغيرها -». فضلا عن الاشارة الى اسلوب رجال السياسة والدبلوماسية المتعمّد الالتباس ان لم نقل المراوغة. لكن هذا التعبير، التناقص، هو بالحقيقة جزيل الاهمية، لأنه يسلّط الضوء على شمولية مفهوم اساسي في الحساب، هو معدّل التغيّر. برزت اهمية معدّلات التغيّر في الفيزياء عام ١٦٣٨، عندما وجد غاليليو (١٥٦٤ - ١٦٤٢) ان سرعة جسم يهبط في الفضاء او يُرمى به فيه، تزداد باطّراد، اي

(٢) - تظهر هنا مطرقة تهبط (أ) في ٦ صور التقطت بفارق ٠,٠٣ ثانية. يمثّل المخطّط (ب) مواقع المطرقة (١ - ٦). الميل المتغيّر للمنحني مهمّ. ويشرح الرسم البياني (ت) كيفية قياسه كمعدّل انحدار طريق. وذلك برسم مثلّثات وترها مماس للمنحني ولها عدد من الوحدات عموديا يساوي عدد الوحدات الافقية. الميل عند النقاط ٧ - ١١ للخط ١٢ هو: ٢ : ١ ؛ ٢ : ٢ ؛ ٢ : ٣ ؛ ٢ : ٤ ؛ ٢ : ٢ ؛ اي: ٠,٥ ؛ ١/٢ ؛ ١ ؛ ٢ ؛ ١ ١/٢ ؛ ٢. يظهر الخط ١٣ الميل المتزايد للخط ١٢. (عملية ايجاد خط يمثّل الميل المتغيّر لمنحن تسمى تفاضلا والعكس يسمى تكاملا). في المخطّط (ب). يظهر، من منحني المسافة الممثّل للصورة الاولى ان المسافة تنقص ٢,٨ سم ضمن فترة من الزمن تساوي ٠,٠٢ ثانية (تقاس على الخط الافقي). هكذا تكون السرعة هنا $\frac{\text{٢,٨ سم}}{\text{٠,٠٢ ث}}$ = ١٤٠ سم / ثانية. حسابات كهذه تسمح برسم للمنحني الذي يمثّل السرعة في المواقع الاخرى. يمكن رسم خط التسارع انطلاقا من حساب ميل منحني السرعة، الثابت حتى الصورة الثالثة، اي طالما ان المطرقة تسقط سقوطا حرا. عند الصورة ٣ ترتطم المطرقة بالمسمار بسرعة ٢٠٠ سم / ثانية، وعندها تحدث اشياء طريفة. فخلال جزء من الف من الثانية تخفّ سرعة المطرقة الى حوالي ٤٠ سم / ث (المنحني س). هذا التباطؤ السريع يجعل التسارع اكبر بحوالي ١٠٠ ضعف قيمته في السقوط الحر. ويخرج المنحني (ت) من الرسم البياني لكبر قياسه. من قانون نيوتن نحصل على القوة التي تضغط على المسمار، فنجدها تساوي حوالي مئة ضعف ثقل المطرقة. هكذا تعمل المطرقة التي تدفعها القوة الناتجة عن التباطؤ السريع لرأسها. وعندما يمسك الخشب بالمسمار، تدفع الصدمة بالمطرقة الى فوق. ثم تسقط المطرقة سقوطا حرا، فتعود السرعة الى الازدياد (س ١) باتجاه الاسفل ويعود التسارع ثابتا (ت ١).

(١) - يمكن استعمال الحساب التفاضلي والتكاملي لتحليل نبأ في صحيفة مثل: «الحكومة تعمل لايقاف تصاعد الأسعار، معدّل ازدياد التضخّم المالي يتراجع». لنفرض ان المنحني (١) يمثّل معدّل ازدياد التضخّم. التضخّم ذاته سيكون تكامل ١ - المنحني ٢، الذي يتناسب معدّل ازدياده في كل نقطة مع ارتفاع المنحني ١. هكذا يكون الانحداران الظاهران بالاسود متساويين ؛ التضخّم هو معدّل ارتفاع الأسعار. لذلك فالأسعار (المنحني ٣) هي تكامل المنحني ٢. من الواضح اذن ان الأسعار لم تتوقّف عن التصاعد.

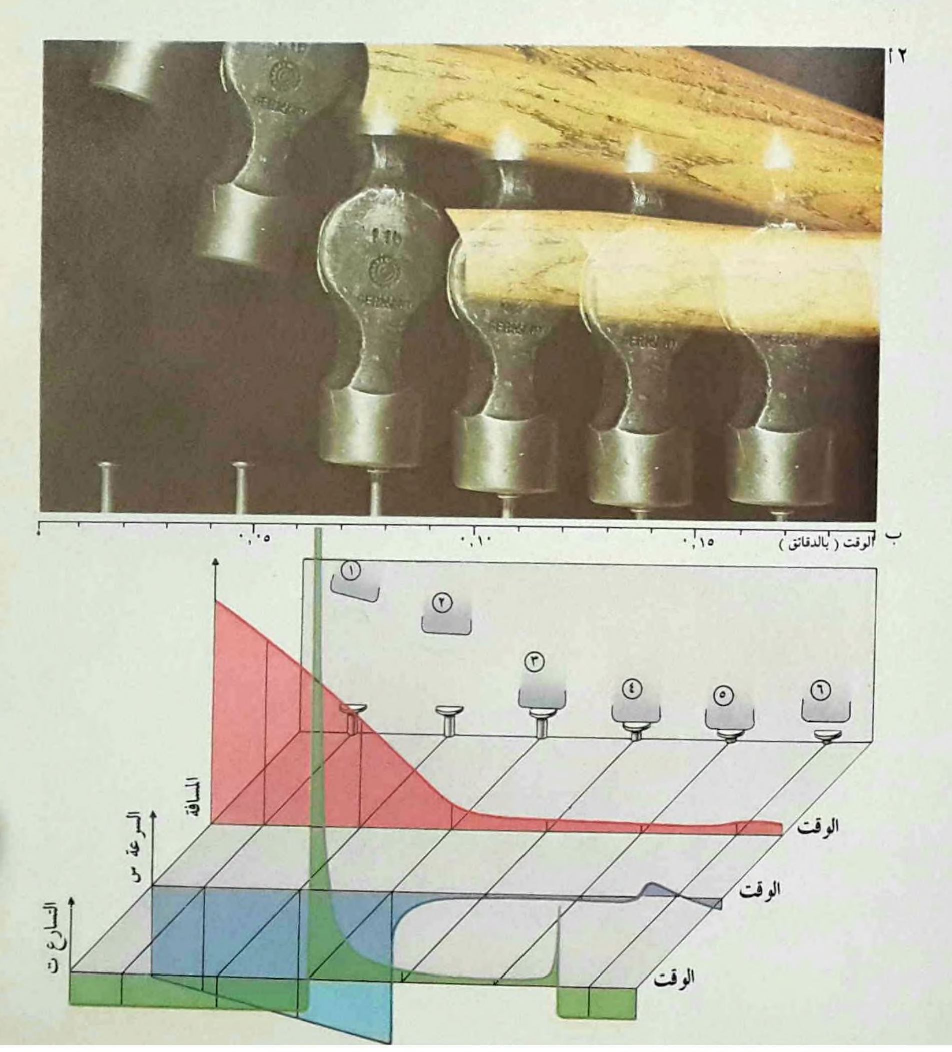




ان معدّل ازدياد سرعة الجسم الى اسفل هو ثابت (٢) . لكن ما هو مسار ذلك الجسم ؟ حُلّت هذه المسألة بوضوح ونهائيا بفضل عبقرية اسحق نيوتن (١٦٤٢ - ١٧٢٧) وغوتفريد ليبنتز (١٦٤٦ - ١٧١٦) . وكان حساب التفاضل والتكامل الذي اكتشفاه ، الأداة المستعملة لهذا الغرض. حساب التفاضل والتكامل يعطي طرائق الحصول على التسارع انطلاقا من السرعة ، وعلى السرعة انطلاقا من الموقع ، موفرا الحل الدقيق للمسألة بكاملها .

البساطة في الرمزية

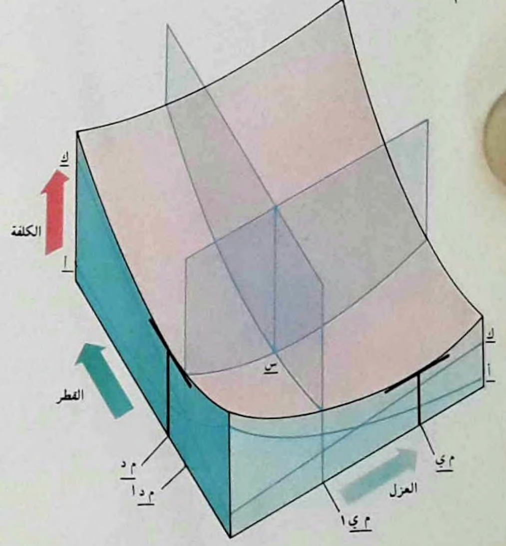
الرياضيات هي بمجملها نوع من جهاز رمزي يمكّننا من القيام باستنتاجات المفاهيم الدقيقة دون الاضطرار الى تفحّصها افراديا ما دامت قد حوّلت الى رموز . هكذا يصبح بالامكان اجراء قسمة طويلة ، مثل قسمة العدد ٤٣١،٦١٣ على ٣٥٧ بتطبيق قواعد



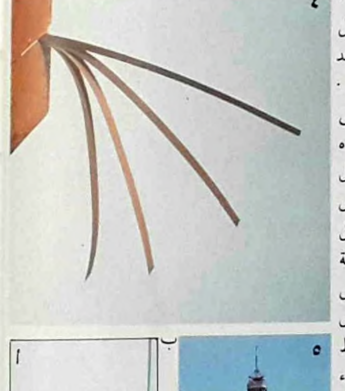
قليلة بدون تفكير . فليس من الضروري حتى معرفة ما تمثّله هذه الأعداد ولا ما تعني القسمة بالحقيقة . ربما كان حساب التفاضل والتكامل اروع مثل على رمزية انيقة واقتصادية معا تمكّننا صفاتها هذه من تبسيط مسائل بالغة الصعوبة والتعقيد وجعلها من اسهل المسائل . في الميكانيكا . وهي فرع الفيزياء الذي وضع حساب التفاضل والتكامل من اجله . نجد هذا النوع من الحساب في جميع نواحي قانون نيوتن الثاني للحركة : القوة تساوي حاصل ضرب الكتلة بالتسارع . فاذا كانت اثنتان من هذه الكميات الثلاث معروفتين . فالمعادلة تكشف فورا قيمة الثالثة .

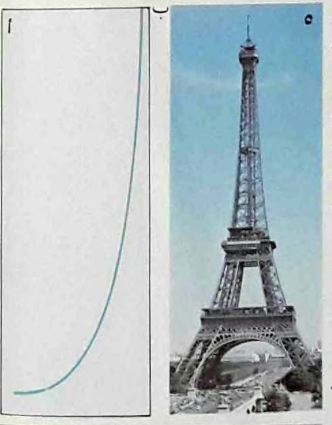
تطبيقات الكترونية

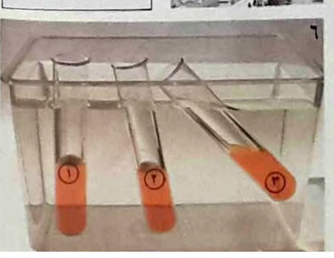
هناك تطبيقات مماثلة في الهندسة الكهربائية (٧) . خذ . مثلا . مقاوما (تكون الفلطية فيه متناسبة مع التيار)



(٣) - يتمّ تخفيض كلفة زيادة عزل انبوب (أ) بتخفيض هدر الحرارة (أ على الازرق الباهت) كي تبقى الكلفة الأساسية (ك) منخفضة . يكون الحد الأدنى لهذه الكلفة في (م ي) . اما زيادة قطر الأنابيب . فانه يقلّل من كلفة الضخ (أ على الازرق القاتم) . لكنها تزيد في الكلفة الأساسية حدّها الأدنى في (م د) . ان الحدّ الأدنى للكلفة الاجمالية (م ي١ ، م د١) يقع في س . على المصنع الكيميائي ان يدرس مئات المتغيّرات والاحتمالات لايجاد أدنى كلفة ممكنة .







(٤) - يتوقف تقوّس عارضة في اية نقطة على حملها . القدة الناتئة تلتوي في كل نقطة بفعل ثقل الجزء الابعد عن النقطة. نظرية العوارض . القائمة على الحساب التفاضلي والتكاملي . تجمع كل هذه التقوّسات للوصول الى الشكل النهائي للعارضة . العوارض البلاستيكية الظاهرة في الشكل لها سماكات مختلفة ودرجة التوائها تعادل تقريبا عكس مربّع سماكتها . العوارض المستعملة في الهندسة لا تهبط بهذا المقدار . الا ان مبادىء التصميم عينها تطبّق عليها .

(٥) - يمكن بناء برج بتكرار رفع ما تمّ بناؤه واضافة طابق تحته لديه الثقل والقوة الكافيين لحمله . فكل جزء تحتاني جديد يكون اكبر من سابقه . لكي يتمكّن من حمل جميع الأجزاء السابقة معا . كما ان معدّل ازدياد كبر الأجزاء المتتالية يزداد ايضا . (معدّل النمو يزداد مع حالة النمو) يدعى «اسّيا» . وهو سرعان ما يؤدّي الى تزايد متفجر (أ) . برج ايفل (ب) اسّي الشكل تقريبا .

ومكثّفا (يكون فيه التيار متناسبا مع معدّل تغيّر الفلطية مع الزمن) وعضو حث (تكون فيه الفلطية متناسبة مع معدّل تغيّر التيار مع الزمن) . ثم قم بوصل هذه القطع معا وبتسليط فلطية متناوبة عليها · ماذا يحدث ؟ ان حساب التفاضل والتكامل يصوغ بسرعة هذه المسألة المعقّدة في قالب معادلة تفاضلية ، ويعطي حلا لها يبيّن ، من جملة ما يبيّنه ، ان « رنينا » يحدث عندما يبلغ تواتر التيار حدا معينا ، وان تيارا قويا يمكن ان يجري والفلطية خفيفة جدا · للرنين اهمية اساسية في الالكترونيكا · فالزر الذي تكبسه لانتقاء محطة في الراديو من بين باقي المحطات يحقق لك ذلك بجعله دائرة كهربائية في الراديو ترن بتواتر هو تواتر محطة البث المطلوبة بالذات · اكثر تطبيقات الحساب التفاضلي والتكاملي فعّالية هو في البحث عن الحد الأدنى والحد الأقصى والقيمة الفضلى.

يمكن ، بواسطة الحساب التفاضلي والتكاملي ، ايجاد معدّل تغيّر الكلفة الكليّة مع تغيّر السرعة ومعرفة السرعة التي تجعل هذا المعدّل صفرا ، وهي السرعة التي تكون معها الكلفة على حدّها الأدنى · هذه الحسابات اساسية عند البحث عن افضل الطرق لاستعمال السفن والطائرات · وتطبّق المبادىء عينها عند البحث عن افضل تصميم او معدل انسياب او حرارة تشغيل لجميع الاجهزة الصناعية تقريبا (٣) ·

مبدأ عام

ينطوي الكثير من القوانين الفيزيائية على المبدأ ذاته (٦ ، ٥ ، ٤) · فالضوء مثلا يجتاز جهازا بصريا باتباعه مسارا يقتضي اجتيازه الحد الأدنى من الوقت · من هذا المبدأ يمكن اشتقاق جميع قوانين البصريات الكلاسيكية · في الواقع قد يكون شعور ليبنتز بفعّالية اكتشافه هذا وتحمّسه له ، هما ما حملاه على المناداة بأن الكون بأجمعه قد صمّم بالطريقة المثلى وان هذا العالم هو افضل العوالم الممكنة ، فلم يخطر له ببال ، على ما يبدو ، بأن عالمنا هذا من الممكن ايضا ان يكون اسوأ العوالم طرّاً ·

٧



(٦) ـ ان استقرار توازن البواخر والطافيات والأشياء العائمة يتوقف على ما اذا كان انحناء بسيط يؤثر على هذا التوازن · في لغة حساب التفاضل والتكامل يتطلّب الاستقرار ان تكون نسبة تغيّر طاقة الارتفاع الى تغيّر الانحناء موجبة · الصورة تظهر ان انبوبا اسطوانيا يطفو عموديا اذا وضع فيه اكثر من الحجم الحرج من السائل الموازن (١) . بينما الانبوبان (٢ و ٣) لم يملأ بما فيه الكفاية ·

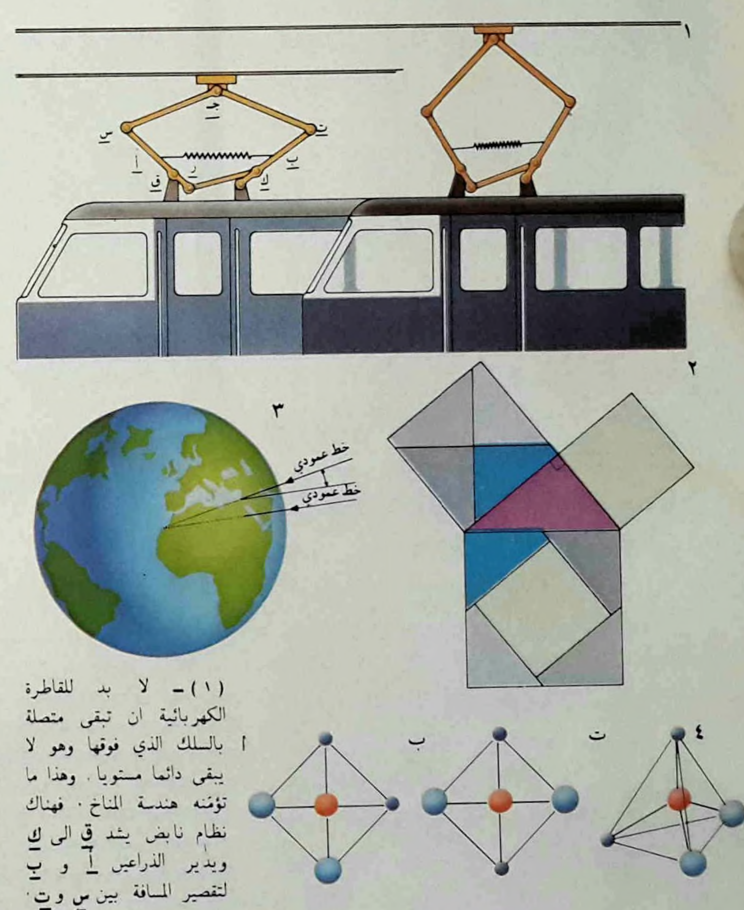
(٧) ـ كانت « مرساة » فاراداي اول محوّل كهربائي · فقد كشفت عن القانون القائل بأن الفلطية على اللولب الخارجي تتوقّف على معدّل تغيّر الفلطية على اللولب الداخلي ·

الخطوط والأشكال: الهندسة

تصوّر ان الامم المتحدة قرّرت تطويق الكرة الأرضية، على خط الاستواء، بشريط من الفولاذ، للرمز الى الوحدة الدولية. وان الملتزم صنع الشريط اطول من المطلوب بجزء من عشرة ملايين، اي بفرق ٤ م من اصل ٤٠٠٧٥ كلم. فماذا يكون ارتفاعه الزائد عن سطح الأرض؟ الجواب هو ٦٣,٧ سم.

الخطوط والاشكال في التطبيق العملي

هذا مثل على استعمال الهندسة البسيطة التي هي رياضيات الأحجام والأشكال. ان ما يجعل الهندسة اكثر فروع الرياضيات تطبيقا في الحقل العملي هو ان جميع الاجسام الصلبة ذات حجم وشكل. نشأت الهندسة عن



التواء المثلث س ت ج يحفظ ج متصلا بالسلك الفوقي. وعندما تدور الذراع أ على محورها، تجعل الوصلة ر ك الذراع ب تدور ايضا، وهكذا يحافظ على التماثل.

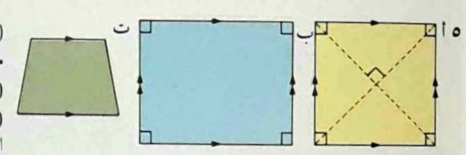
(١) ـ لا بد للقاطرة الكهربائية ان تبقى متصلة بالسلك الذي فوقها وهو لا يبقى دائما مستويا. وهذا ما تؤمّنه هندسة المناخ. فهناك نظام نابض يشد ق الى ك ويدير الذراعين أ و ب لتقصير المسافة بين س و ت.

(٢) ـ نظرية فيثاغورس الشهيرة هي التي يدرسها التلامذة في المدارس: مربع الوتر (وهو الضلع الاكبر في مثلث قائم الزاوية) يساوي مجموع مربّعي الضلعين الآخرين. المربّع الكبير السفلي (اي المبني على مربّع الوتر) يشتمل على اربع مساحات في زواياه يمكن تجميعها لصنع المربّع العلوي الى اليسار. وعلى مربّع في الوسط يساوي بمساحته المربّع العلوي الى اليمين.

(٣) ـ قام ايراتوستينس الاغريقي قديما بقياس محيط الأرض بواسطة الهندسة. فقد وجد ان الشمس عندما تكون في السمت في اسوان، يكون ميلها عن الخط العمودي ٧ درجات في الاسكندرية. وبما انه كان يعرف المسافة بين

حاجة قدماء المصريين الى مسح الاراضي الغائبة المعالم، للتمكّن بإنصاف من توزيع مساحاتها الخصبة المغطّاة بالوحل الذي يتركه الفيضان السنوي لنهر النيل. اخذ الأغارقة الهندسة (٣) عن المصريين وبنوا منها صرحا فكريا تامّا. فقد أنشأت «مبادىء الهندسة»، التي وضعها اقليدس حوالى ٣٠٠ ق.م.، نظاما بدهيا كاملا هو نسيج متشابك من براهين تشتق جميعها من بعض البدهيات الأساسية. ظهرت «المبادىء» وكأنها تتحدى العقل بقولها: «اذا لم تستطع البرهان على امر، فلا تقل انك تعرفه».

المهندس العملي قليلا ما يهتم بالبراهين. فهو اجمالا يقبل بصيغ الرياضيين ويضعها موضع التنفيذ. فالكثير من الآليات المحيطة بنا تتجلّى فيها حقائق الهندسة المسطّحة. فحركات آلة كاتبة ومفساخ قطار كهربائي (١) وآلية التغيير الذاتي للغراموفون، كل



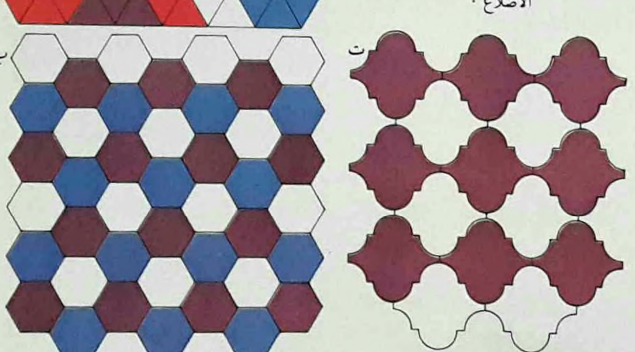
المدينتين. (حوالى ٨٠٠ كلم). اعتبر ان هذه المسافة تمثّل زاوية قدرها ٧ درجات في مركز الارض. ثم استنتج من ذلك ان محيط الأرض بكامله الذي هو ٣٦٠ درجة يجب ان يكون: ٣٦٠ : ٧ × ٨٠٠ = ٤١١٤٠ كلم.

(٤) يعتمد الكيميائيون على الهندسة لاستنتاج البنيات الجزيئية. فجزيء ثاني كلوريد الميثان (وهو مادة مذيبة للدهان) مؤلف من ذرة كربون وذرتي هيدروجين وذرتي كلور. فاذا رتبت الذرات بشكل مربّع ووضعت ذرة الكربون في مركزه، يصبح هنالك نوعان من ثاني كلوريد الميثان، الأول تتجاور فيه ذرتا الكلور (أ)، والثاني تتقابلان فيه (ب). اما اذا رتبت الذرات على رؤوس مجسّم متعدد السطوح، فلا يكون سوى شكل واحد ممكنا (ت).

(٥) - من الاشكال الرباعية: المربّع (أ) ذو الزوايا القائمة والاضلاع المتساوية والمتوازية؛ المستطيل (ب) حيث الاضلاع المتقابلة فقط متساوية؛ المعيّن المنحرف (ت) الذي له ضلعان فقط متقابلان ومتوازيان؛ المعيّن (ث) والمتوازي الاضلاع (ج)، وكلاهما اضلاعه المتقابلة متوازية وليس فيه زوايا قائمة.



(٦) - يمكن تبليط ارضية ببلاطات متماثلة بطرائق مختلفة. من الواضح انه يمكن استعمال مثلّثات متساوية الاضلاع (أ) او سداسيات الاضلاع (ب) او مربعات، او باستعمال بلاطات تندمج فيها معا اشكال متنوعة (ت). لكن لا يمكن استعمال خماسيات الاضلاع.



هذه يمكن وصفها بأنها « نماذج » عملية لمجموعة من النظريات الهندسية .

π (بي) في السماء وفي امكنة اخرى

الدائرة شكل هندسي بسيط . الا انها غنيّة رياضيا . تمكّن الاغارقة من البرهان على ان محيط الدائرة يساوي : ٢ π ش . ومساحتها π ش^{٢} حيث ش تمثّل الشعاع و π (بي) عددا يقع ما بين $٣ \frac{١}{٧}$ و $٣ \frac{١٠}{٧١}$. بالحقيقة لا يمكن التعبير عن π (بي) بكسر حدّاه صحيحان . فهي تبدأ ، في النظام العشري ، بالارقام ٣,١٤١٥٩٢٦٥٣٥ ... ، تاركة تسلسل الارقام العشرية فيها يستمر الى ما لا نهاية له بدون ان يتكرر اي رقم من ارقامها . وهي ثابتة اساسية في علم حساب المثلّثات . وهو فرع عددي للهندسة تم اختراعه لوضع خرائط للنجوم . ولا يستغنى عنه اليوم في علم الفلك

(٧) - يمكن الاستغناء عن الهندسة الاقليدية (أ) . على انها قد لا تكون صحيحة في الفضاء الحقيقي . يقبل الرياضيون بأية هندسة لا تناقض ذاتها بذاتها . ويعترفون بأنواع عدة منها . في هندسة لوباتشفسكي (ب) لا تبلغ الزوايا ابدا ١٨٠° . كما هي الحال على سطح بوق ، وفي هندسة ريمان (ت) يزيد مجموع زوايا المثلث دائما عن ١٨٠° . كما هي الحال على سطح كرة . اذا طبقت هذه الهندسات على الابعاد الثلاثة للفضاء يصبح اسمها « هندسة الفضاء المقوّس » .

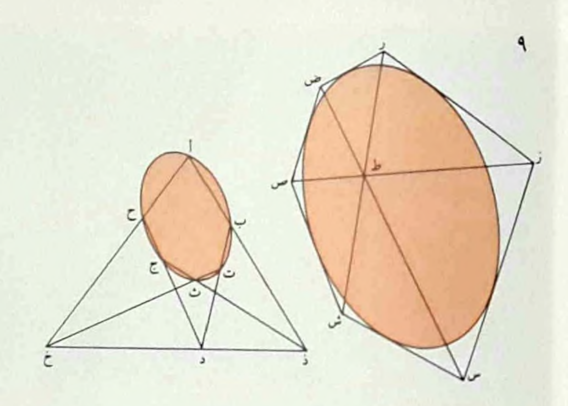
(٨) - هندسة الدويريات المتصلة مطبّقة ببراعة في طريقة عمل ضاغط الهواء . فالخط المنحني للوقبتين الطرفيتين من كل مغدف ترسمه نقطة على دائرة صغيرة (١) متدحرجة خارج دائرة الخطوة . بينما ترسم منحنيات خصر المغدف دائرة مماثلة (٢) متدحرجة داخل دائرة الخطوة . عندما يتعشّق المغدفان كدولابين مسنّنين ، يتماسّان دائما فيحصران بينهما احجاما متتالية من الهواء ، ويضغطانها .

(٩) - مبدأ الثنائية في الهندسة يقول بأن خطّين يحدّدان نقطة (حيث يتقاطعان) . وان نقطتين تحددان خطا مستقيما (الذي يجمعهما) . اذا وضعنا ٦ نقاط (أ - ح) على اهليلج . فأن الخطوط التي تجمعها تكوّن ثلاثة ازواج متقابلة تقع نقاط تقاطعها على خط مستقيم واحد (خ د ذ) . مبدأ الثنائية في هذه النظرية يقول انه اذا مسّت ستة خطوط اهليلجا . فأن نقاط تقاطعها (ر - ض) تكوّن ثلاثة ازواج متقابلة تتقاطع الخطوط التي تجمعها في نقطة ط . هذا معنى أن النقاط والخطوط المستقيمة هنا هي ثنائية الواحدة بالنسبة للأخرى .

(١٠) - القبة الجيوديزية هي بنية ثابتة ومتينة جدا مصنوعة من مثلّثات عدة .

والملاحة والمساحة وجميع انواع القياسات العملية . بالفعل لقد « افلتت » « بي » من نطاق الهندسة وعمّت جميع القياسات العددية . فتصميم العدسات يستخدم الهندسة المعقّدة المرتكزة على الدائرة ؛ وجميع العدسات تقريبا (آلات التصوير والنظارات والتلسكوبات وغيرها) لها مقطع دائري ؛ ورسم مسار الضوء عبر مجموعة من العدسات يعدّ عملا شاقا يقوم به الكومبيوتر اليوم .

٩



١٠



فبامكان برامج الكومبيوتر ان تحسب خصائص تصاميم ممكنة عدّة لعدسات وان تختار منها ما يسبب اقل زيغ ممكن (اذ لا يمكن لنظام عدسات ان يبلغ حد الكمال) . فتأتي النتيجة المختارة تسوية . الا انها افضل ما يمكن التوصل اليه . هذا اذا اخذنا بعين الاعتبار الصعوبة العملية في صقل العدسات .

هندسات فوق متناول الحدس

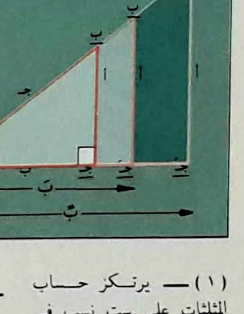
تبنّت الهندسة الاقليدية بعض الأفكار الحدسية كفكرة الخط المستقيم مثلا . فقد اعتبره اقليدس خطا تقوّسه صفر . كما رآه اقصر خط يمكن رسمه بين نقطتين . عمليا . نفترض ان الضوء يسير بخط مستقيم . لكن بعض الفيزيائيين اخذوا يتساءلون عن صحة هذا الافتراض . فهم يعتبرون انه من الممكن ان يكون الضوء المنطلق من الأرض يدور حول الكون ثم يعود الى نقطة انطلاقه . تماما كما يفعل شخص يسافر حول الارض الكروية طوال خط يعتبره « خطا مستقيما » . في الواقع ان علم الكونيات . الذي يهتم بدراسة الكون ككلّ . يميل حاليا الى اعتبار الكون « منحنيا ومغلقا » ولكن بدون حدود . كما هو سطح الارض محدود المساحة وبدون اطراف . اما الرياضيون . فيعتبرون هندسة اقليدس كواحدة من هندسات عدّة يمكن تصوّرها . كل واحدة منها صحيحة في فضاء له تقوّس معيّن (٧) . لذلك فأن الهندسة الاقليدية تبقى صالحة في عالم الاحجام الصغيرة التي نتعامل بها على ارضنا هذه . تماما كما يمكننا . عند صنع خرائط مساحات صغيرة من الارض . اعتبارها مسطحة دون الوقوع في اخطاء تذكر .

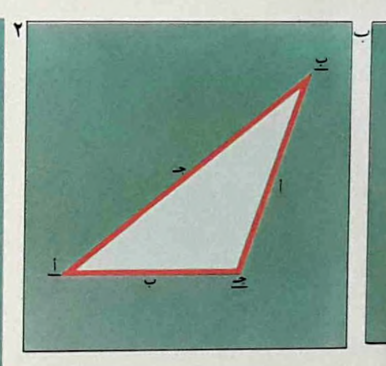
الخطوط والزوايا : حساب المثلّثات

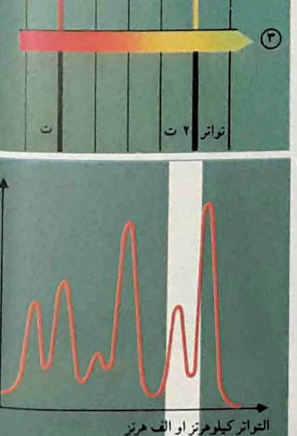
طول نفق سمبلون ، الواقع بين ايطاليا وسويسرا ، عشرون كيلومتراً . تمّ حفره عام ١٩٠٦ في جبال الألب ابتداء من الطرفين . عندما التقى النفقان في الوسط ، تبيّن أنهما على سطح أفقي واحد تماماً ، بينما الفرق العمودي بينهما كان ١٠ سم فقط ، توصل المهندسون بسهولة الى ازالته . ان ما ساهم في تحقيق هذا النجاح الكبير في حفر النفق بهذه الدقة هو ان المهندسين كانوا قد استعانوا بعلم المثلّثات ، فحفرت آلاتهم النفق على طول ضلعين (طول كل منهما ١٠ **كلم**) لمثلثين كبيرين كانوا قد رسموهما في الجبل .

الجيوب وجيوب التمام والظلال

حساب المثلثات هو فن حساب أحجام







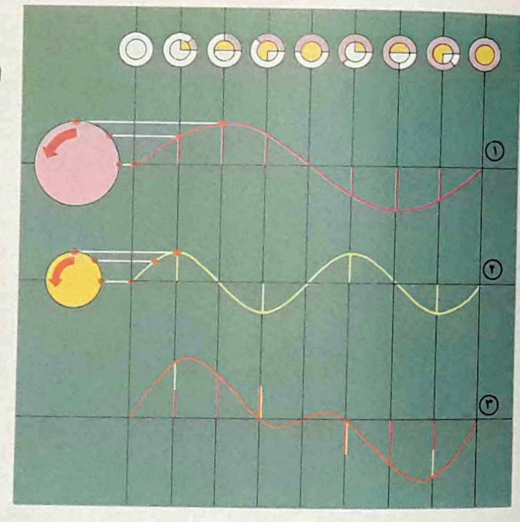
(١) — يرتكز حساب المثلثات على ست نسب في مثلث قائم الزاوية . للمثلثات أ ب ج وأ ب' ج' وأ ب'' ج'' (ا) زاوية قاعدية واحدة أ . من الواضح أن لهذه المثلثات علاقات نسبية واحدة ب / أ = ب' / أ' = ب'' / أ'' . في الواقع تبقى هذه النسبة هي ذاتها في أي مثلث قائم الزاوية تكون زاوية القاعدة فيه أ . هذه النسبة تسمّى ظل أ أو ظا أ . هكذا . اذا كانت أ = ٤٥ و أ = ب ، فأن ظل ٤٥ = ١ . النسب الاخرى هي ، أ / ب ، وتسمّى ظل التمام (**ظتا** أ) ، ج / أ ، وتسمّى الجيب (جا أ) ؛ ج / ب وتسمى جيب التمام (**جتا** أ) ؛ ب / ج ، القاطع (**قا** أ) ؛ أ / ج ، قاطع التمام (**قتا** أ) . هذه النسب موضوعة في جداول لجميع الزوايا ، وباستطاعة بعض الآلات الحاسبة الصغيرة حساب هذه النسب . وهي تمكّن من حساب عناصر أي مثلث ، حتى ولو لم يكن قائم الزاوية ، بواسطة الصيغتين (ب) : أ / جا أ = ب / جا ب = ج / جا ج و

أ٢ = ب٢ + ج٢ - ٢ ب ج جتا أ (الضلع أ يقابل دائماً الزاوية أ والضلع ب يقابل الزاوية ب الخ) .

---

(٢) — يمكن صنع شكل موجي بدمج موجتين جيبيتين ، كما يمكن تحليله ايضاً للحصول عليهما . هذا الرسم البياني يظهر طيف السعة للأشكال الموجية في الرسم ٤ . في طيف الشكل الموجي ١ مركّب واحد تردده د ، وللشكل ٢ مركّب واحد تردده ٢ د لكن سعته أصغر . الخط الحاصل عن ضمهما (٣) يحتوي على كلا الخطين .

المثلثات . الفكرة الاساسية (١) فيه هي أن النسب بين اضلاع مثلث قائم الزاوية تتوقف على مقدار اتساع زاوية قاعدته (أ) سميت هذه النسب جيب أ (**جا** أ) وجيب تمام أ (**جتا** أ) وظل أ (**ظا** أ) وغير ذلك ، ووضعت لها جداول تعطي النسب لمختلف قيم الزاوية أ . ثم اتضح أن **جا** أ هو خارج قسمة الضلع المقابل للزاوية أ على الضلع الاطول . **وجتا** أ هو خارج قسمة الضلع المجاور للزاوية أ على الضلع الاطول . **وظا** أ هو نسبة طول الضلع المجاور للزاوية أ الى طول الضلع المقابل لها . كل انسان يستطيع حساب عناصر أي مثلث بدقة كبيرة ، اذا تسلّح بجداول النسب المثلثية . انها طريقة فعّالة لحل مسائل معقدة ، خصوصاً المسائل الفضائية ، ما دامت جميع الاشكال تقريباً في الفضاء تنقسم بسهولة الى سلسلة من المثلثات . لاستعمال هذا الحساب في هندسة حفر



٥

(٣) ـ الشكل الموجي المعقّد لجميع الاشارات التي تدخل هوائي جهاز الالتقاط يحتوي طيف تواتره على كثير من المركّبات . كل قمة تعني بثّاً على تواتر نوعي . بعض المحطات ضعيفة ، والبعض الآخر قوي . عملية ضبط الصوت في محطة راديو هي ازاحة خط ضيّق من تواترات الالتقاط على سلّم التواتر لاختيار التواتر المطلوب .

فينفك رمز هذا التضمين الصغير فيحدث الصوت .

(٤) ـ عندما يدور شعاع باتجاه واحد ، فإن الزاوية بينه وبين محور ثابت تزداد باستمرار ، وجيب الزاوية يتغير دورياً معيداً نفسه بعد كل ٣٦٠ اضافية من الدوران . في دائرة يساوي شعاعها ١ ، يكون جيب الزاوية هو ارتفاع طرف الشعاع فوق الخط الافقي . يحدث هذا الشكل الموجي الجيبي في الاهتزازات . التواتر هو عدد دورات الشعاع بالثانية . يمكن جمع موجتين جيبيتين متزامنتين في شكل موجي معقد ، هكذا تجتمع الموجتان الجيبيتان (١) و (٢) لتعطيا الشكل الموجي (٣) الذي يمكنه تمثيل تغيّر ضغط الصوت الآتي من نوتتين تسمعان في آن واحد معاً .

(٥) ـ في مثلث المربط هذا ، $أ^{٢} = ب^{٢} + جـ^{٢} - ٢$ ب جـ **جتا** أ . وبما أن ب و جـ تبقيان ثابتتين ، فأن الطولين $أ^{٢}$ و أ يتغيران فقط مع **جتا** أ . عندما تصغر الزاوية أ يكبر **جتا** أ وبالتالي أ وينغلق فكا المربط . وعندما يكون أ كبيراً ، فإن تناقصه بمقدار ضئيل يزيد من **جتا** أ بمقدار كبير . وعندما يقترب أ من الصفر ، يقترب **جتا** أ من ١ ويتغير قليلاً . الحركات الاخيرة في عملية اغلاق المربط لا تحرك الفكين كثيراً بل تقوّي من القبضة .

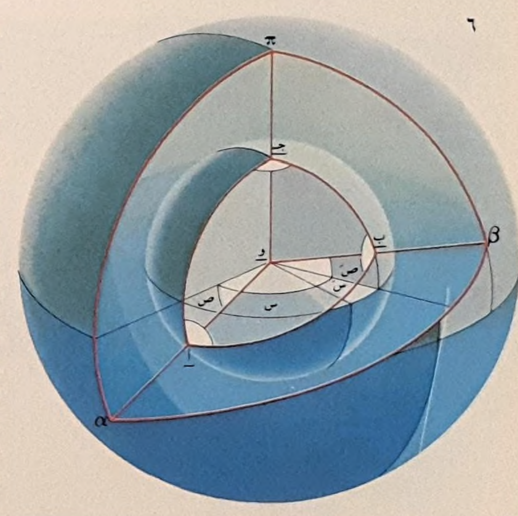
الأنفاق يقيم المهندسون اما محطة يرون منها طرفي النفق معاً . واما (اذا كان ذلك صعباً بسبب الجبال) محطتين تطلان على الطرفين ؛ ثم يقيسون الزوايا بين هذه المحطات بواسطة اشارات بصرية . فيتوصلون هكذا الى ربط طرفي النفق معاً .

حساب المثلثات في الحياة اليومية

تخطت النسب المثلثية نطاقها الهندسي الصرف واستعمالها في المساحة والقياسات العادية . وعمّت اليوم مختلف أنواع المسائل الرياضية التي لا يبدو أن لها علاقة بالزوايا . ظهرت بعض تطبيقاتها الأكثر نجاحاً في نظرية الدوائر الكهربائية وفي فيزياء الاشعاعات وفي معالجة المعلومات التي تكون فيها الزوايا غير حقيقية بل تستعمل لكونها ملائمة .

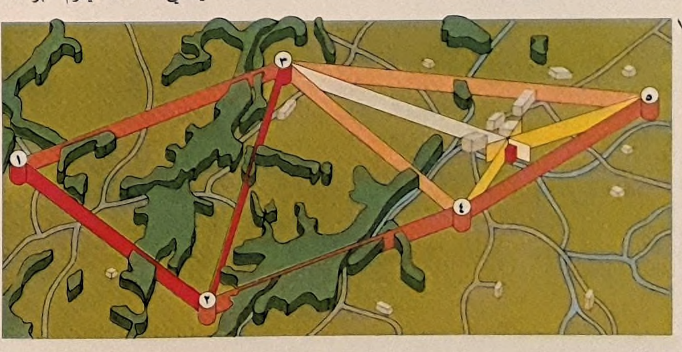
جيب زاوية الصفر هو صفر . ويزداد مع

٦



(٦) ـ يمكن تمثيل أية مسافة على كرة كالأرض بواسطة الزاوية التي تشكلها تلك المسافة في المركز . فالمسافة ب د تمثل بالزاوية ب م د . على هذا الاساس تحدد النقاط على الكرة بزاوية خط العرض (بالنسبة لخط الاستواء) وبزاوية خط الطول (بالنسبة لخط يمر بالقطبين) . خط عرض النقطة أ هو سَ غرباً وخط طولها هو صَ جنوباً . ويحد النقطة ب سَ° شرقاً و صَ° شمالاً . يعالج « حساب المثلثات الكروية » « المثلثات الكروية » مثل أ ب د ، وهو يعطي ملاحاً يقوم برحلة المسافة أ ب واتجاه البوصلة الزاوي (الزاوية أ) . كذلك يضع علماء الفلك خرائط سماوية باستعمال مثلثات كروية سماوية مثل π و β (بي وبيتا) لتحديد مواقع النجوم .

٧



(٧) ـ يستعمل مسح الاراضي « بالتثليث » الصيغة التي تعطي جميع عناصر مثلث ، اذا عرف منها ضلع واحد وزاويتان . تقاس المسافة (١ - ٢) بتأن . وهي خط القاعدة الأساسي . يتم اختيار نقطة مرجعية (٣) وتقاس زوايا المثلث (١ - ٢ - ٣) بالتصويب البصري . هذا يثبّت النقطة ٣ ويمكّن من قياس المسافة (٢ - ٣) . عندئذ يحدد النقاط الاخرى (٤ و ٥) التصويب من النقط المرجعية المعيّنة هذه .

(٩) ـ لا يتخذ شريط فولاذي ملوي (أ) شكل موجة جيبية تماماً ، بل شكل منحن قريب منه وله علاقة به . فأتجاه الشريط من نقطة الى أخرى يتغير جيبيا مع المسافة على الشريط . وهذا

ازدياد الزاوية حتى يصل الى ١ لزاوية ٩٠ْ ، ثم يتناقص بين ٩٠ْ و ١٨٠ْ ، حتى يعود الى الصفر ، ومقداره يصبح سالبا بين ١٨٠ْ و ٢٧٠ْ اذ يتناقص من صفر الى - ١ ثم يتزايد مجدداً بين ٢٧٠ْ و ٣٦٠ْ من - ١ الى صفر . هكذا اذا اعتبرنا أن الزاوية المثلثية تزداد باستمرار (٤) . يكون جيبها يتأرجح بين + ١ و - ١ و + ١ خلال كل دورة من ٣٦٠ْ . هذا التصرف الدوري يوفَّر للرياضيين إطارا لدراسة الموجات والاهتزازات .

يمكن تحليل اي اهتزاز . مهما بلغت درجة تعقيده . الى مجموعة من المركّبات يكون كل منها موجة جيبية الشكل (أو موجات شكلها يشبه جيب التمام المماثل للجيب) . كما يكون لكل منها تواتر خاص . مستقل عما سواه . (اذا رمينا حجرين معا في الماء .. يحدثان مجموعتين من الموجات تتقاطع و تختلط معا . لكنها تبقى رغم ذلك غير متأثرة بتقاطعها الواحدة مع الأخرى) . وبالطريقة ذاتها تستطيع الأذن البشرية التمييز بوضوح بين النوتات التي تتألف منها مجموعة موسيقية واحدة .

الزوايا في حزمة من موجات اشعاعية

كثير من التقنيات الالكترونية تعالج مركّبات الاهتزازات هذه على أساس قواعد تخضع لحساب المثلثات . فجهاز الارسال « اي - أم » (تضمين السعة) مثلاً يأخذ موجة جيبية تواترها السمعي أ (مثلاً النوتة الموسيقية أ وترددها **٤٤٠** هرتز) ويربطها بطريقة ما « بناقل موجة جيبية » **ج** ويبثها بتواتر قد يساوي مليون هرتز (هذا يقع في الموجة المتوسطة) . يتم ذلك رياضياً بضرب الفلطية السمعية في كل لحظة بفلطية « الناقل » وببثّ حاصل الضرب .

يسمّى انقسام « الناقل » الى « نطاقين جانبيين » غير متباعدين . تضمين السعة (أو **أي . أم**) وفي البث اجمالاً ازواج كثيرة من هذين النطاقين الجانبيين يتغير تباعدهما وشدتهما باستمرار عندما تتغير مركّبات التواتر في « الاشارة » السمعية . لكن في جهاز الالتقاط . تتم عملية « ازالة التضمين » المعاكسة فنسمع التواتر السمعي .

٨

يخفف من طاقة الالتواء المخزونة في الشريط .

(٨) - كانت الربعيّة من أولى الآلات التي استعملها علماء الفلك لمعرفة الارتفاع الزاويّ للاجرام السماوية . وما الربعيّة التي يستعملها الماحون اليوم سوى نسخة متطورة عنها تستعمل في المسح وفي تحديد مدى المدفعية . الربعية الاولى صنعها يعقوب لوسورغ من روما . عام ١٦٧٤ . أهم اجزائها مقياس فرنيه أخترعه بيار فرنيه (١٥٨٠ ؟ - ١٦٣٧) عام ١٦٣١ لقياس الزوايا بدقة تبلغ ١-٦٠ وهي درجة القوس الاسفل الذي يصل بين ذراعي الآلة الزاويّة المنزلقة على قاعدة الربعية .

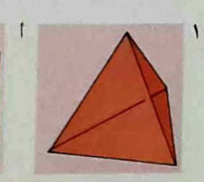
٩

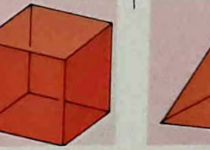


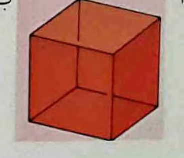
السطوح والأحجام: الهندسة الفراغيّة

في العام ١٨٢٦ طرح العالم الفلكي هاينرش اولبرز (١٧٥٨ - ١٨٤٠) سؤالا قد يبدو سخيفا : « لماذا يكون الليل مظلما ؟ » اسخف الاسئلة تكون احيانا اعمقها · عالج اولبرز موضوع سؤاله باستعمال الهندسة الفراغية الدقيقة · تصوّر الكون مؤلفا من مجموعة من الغلافات المتمركزة حول الارض ، مثل طبقات بصلة تمتد الى اللانهاية · وافترض ان توزيع النجوم منتظم نوعا ما · ثم استعمل الهندسة الفراغية ، فحسب انه اذا ضاعف مسافة غلاف ما عن مركز الارض ، فأن حجمه يزداد ويزداد عدد النجوم فيه الى اربعة اضعاف · لكن الحسابات تدلّ ايضا على ان الضوء الآتي من النجوم الى الارض في

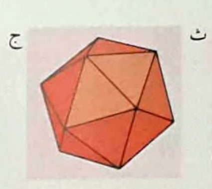
١









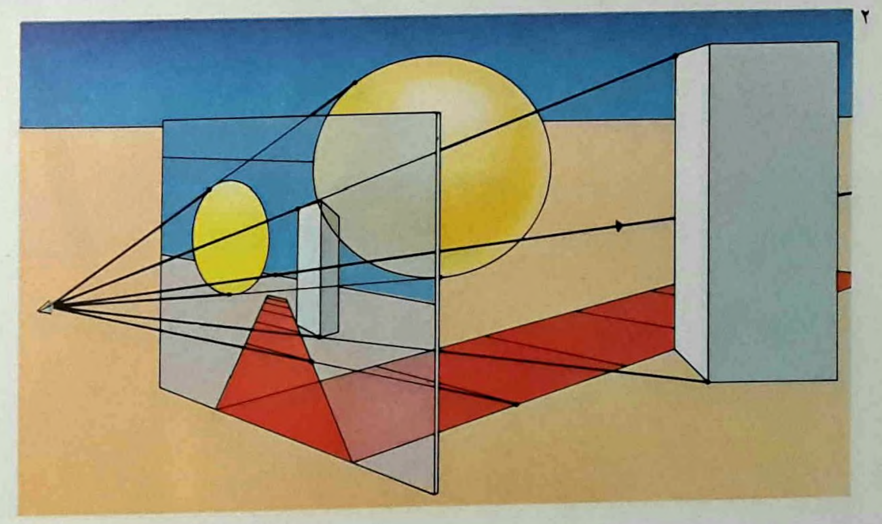


(١) - في المضلّع المنتظم ، جميع الاضلاع والزوايا متساوية ، كما في المثلّث المتساوي الاضلاع والمربّع والمخمّس · برهن اقليدس على ان هنالك خمسة مجسّمات منتظمة فقط ، تكون جميع سطوحها مضلّعات منتظمة متساوية ، رباعي السطوح (أ) ، المكعّب (ب) ، المثمّن السطوح (ت) ، ذو الاثني عشر سطحا (ث) ، وذو العشرين سطحا (ج) · المكعّبات وحدها تتجمّع معا لملء الفراغ كليا ·

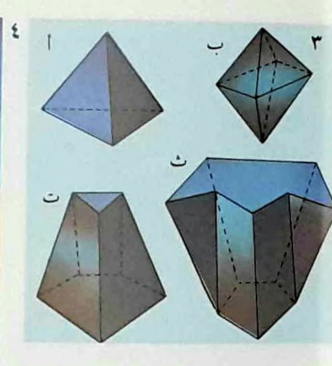
---

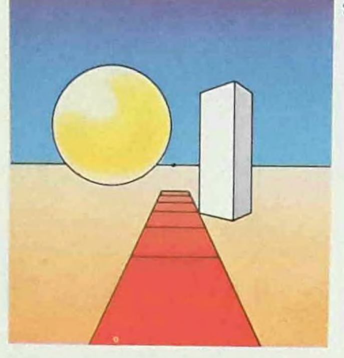
(٢) - تتحكّم الهندسة الفراغية بالمظهر المنظوري للعالم ، لأن الضوء يسير بخط مستقيم · تتخيّل قوانين الرسم المنظوري وجود سطح مستو للصورة يقع بين العين والمنظر المطلوب رسمه · اذا ربطنا كل نقطة من المنظر بالعين بخط

٢

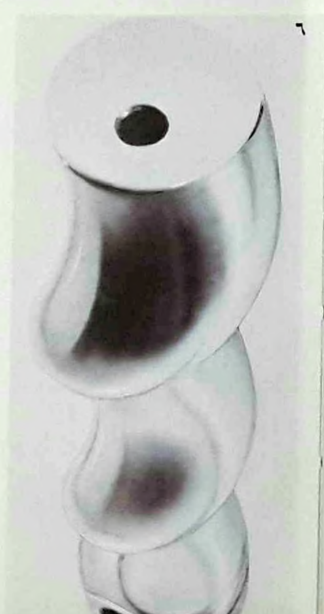


تلك الحالة سيتناقص ٤ مرات ٠ فجميع الغلافات اذن تساهم في اضاءة الارض بالمقدار نفسه مهما بلغ عددها ٠ وبما ان عدد الغلافات لا متناهٍ . فأن السماء يجب ان تكون نيّرة الى درجة لا متناهية او على الاقل بقدر ما هي الشمس نيّرة ٠ لكن . وهنا يأخذ السؤال معناه : لماذا يكون الليل مظلما ؟ حتى يومنا هذا لم يتفق علماء الفلك على بنية الكون : فقد يكون الكون متناهيا في الحيّز وله عدد محدود من الطبقات ؛ وقد يكون متناهيا في الزمن ؛ بحيث ان الضوء الآتي من الطبقات الاكثر بعداً لم يصلنا بعد ؛ او قد يكون في طور التوسّع . بحيث يضعف الضوء الآتي الينا من الطبقات البعيدة ٠ هذا التناقض الذي حيّر اولبرز يبقى مثلا بارزا على كيفية الوصول الى نتائج مذهلة باستعمال الرياضيات البسيطة وانطلاقا من افتراضات لا تقبل الجدل ٠

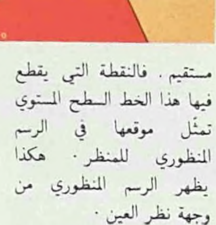


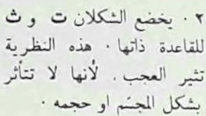






(٣) ـ جميع المجسّمات التي لا تحتوي على ثقوب واوجهها مسطّحة تخضع لنظرية اويلر : ق + و = ض + ٢ . حيث ق يمثّل عدد الرؤوس (القمم) . و : عدد الاوجه . ض : عدد الاضلاع ٠ في الرباعي السطوح المثلّثية (أ) نحصل على : ٤ + ٤ = ٦ + ٢ ٠ وفي الثمّن السطوح (ب) يكون معنا : ٦ + ٨ = ١٢ + ٢ ٠ يخضع الشكلان ت و ث للقاعدة ذاتها ٠ هذه النظرية تثير العجب . لأنها لا تتأثر بشكل المجسّم او حجمه ٠





(٤) ـ في كل صورة منظورية « نقطة تلاش » . هي النقطة التي تتلاقى فيها جميع الخطوط المتوازية المتعامدة مع « مستوى الصورة » ٠ تلتقي الخطوط الافقية الاخرى (كأضلاع العلبة المربّعة) في نقاط اخرى على افق الصورة ٠ يشوّه التصوير المنظوري شكل القرص الدائري. يعطي الشكل ٤ المظهر المنظوري للأجسام التي ترى في الشكل ٢ ٠ مستقيم . فالنقطة التي يقطع فيها هذا الخط السطح المستوي تمثّل موقعها في الرسم المنظوري للمنظر ٠ هكذا يظهر الرسم المنظوري من وجهة نظر العين ٠

(٥) ـ تتكوّن سطوح جسم منتظم متعدد الوجوه من مضلّعات ٠ المثل الظاهر في هذا الشكل يتكوّن من مضلّعات نجمية الشكل ذات ١٢ ضلعا ومن مثلّثات متساوية الاضلاع ٠

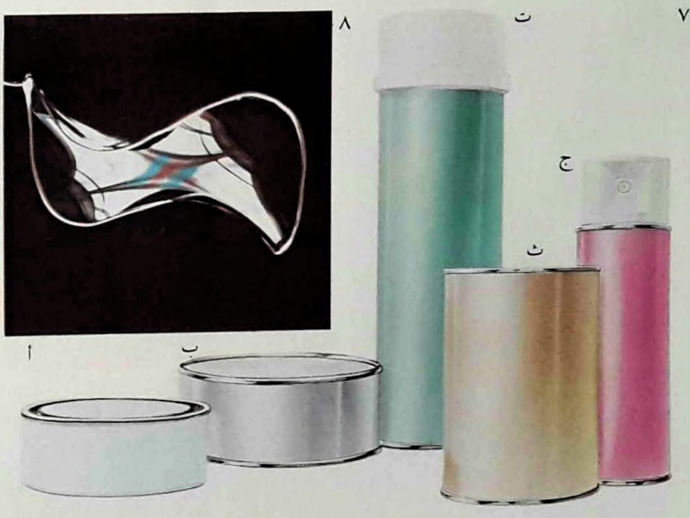
(٦) ـ الاشكال الهندسية التي يصنعها المهندسون هي جميلة اجمالا ٠ فانظر الى مضخّة الحمأة الجميلة هذه ! فما هي سوى كدسة اقراص تقع مراكزها على خط لولبي حول محور المضخة المركزي ٠

ايجاد احجام الاشياء

المتوقَّع من الرياضيين والمهندسين ان يتوصّلوا الى حساب مساحات مختلف الاجسام الصلبة واحجامها · مساحة الاجسام المستوية السطوح تساوي مجموع مساحات سطوحها · اما بالنسبة للاهرام والاسطوانات والموشورات والمخروطات والمجسّمات الاهليلجية ، فالمسألة اكثر تعقيدا · الا انه يمكن حساب مساحاتها واحجامها باستعمال الهندسة الفراغية ، اي هندسة الاشكال ذوات الابعاد الثلاثة · كذلك يستعمل المهندسون الهندسة الفراغية لمعرفة كميات مختلفة ، مثل الطريق الذي يجب ان تسلكها عجلة تجليخ ، معروفة المقاييس ، لشحذ لوحة معدنية بشكل معين ، او كمية التراب التي يجب نقلها لاقامة سد بارتفاع معيّن ·

شبكات القوة

لا يشمل موضوع الهندسة الفراغية اشكال



(٧) ـ للحصول على اكبر حجم ممكن من مساحة معيّنة لصفيحة معدنيّة ، يجب ان يتعادل الارتفاع مع القطر · يساوي ارتفاع الصفيحة المعدنية القياسية (ث) التي تسع ٤٢٥ غراما ، ١،٤ ضعف قطرها ، لأن صنع الاطراف يأخذ بعض المساحة · عمليًا ، هذا هو القياس الأمثل · علبتا الدهان (أ و ب) اوسع من الشكل الامثل ، وذلك لتسهيل الوصول الى محتواهما · اما المرذاذان (ت و ج) ، فهما اقلّ اتساعا ، وذلك لمقاومة الضغط الداخلي ·

(٨) ـ اذا اخذت خطا مغلقا معيّنا ، فكيف تجد اصغر مساحة للسطح الذي يحده هذا الخط ؟ ليس من بناء هندسي كامل يسمح بحلّ هذه المسألة ، ولكن فقّاعة الصابون تعطي تلقائيا سطحا كهذا · غشاء الفقّاعة يبقى معرّضا للتوتر السطحي ويكيّف نفسه بحيث يأخذ ادنى مساحة ممكنة · في الصورة هنا يظهر السطح بمظهر املس وانيق · ويرتكز على شريط من النحاس تم ليّه بشكل انشوطة ذات ثلاث حلقات ·

(٩) ـ الشكل الكروي هو اصغر مساحة اطلاقا لحجم معيّن · (تعطي فقّاعة الصابون برهانا على ذلك باتّخاذها شكلا ذا مساحة دنيا حول حجم محصور من الغاز) · هذا الشكل يعطي ايضا اكبر مقاومة للضغط الداخلي · لذلك تستعمل الخزانات الكرويّة لحفظ السوائل المضغوطة · تستعمل هذه الخزانات ايضا لحفظ السوائل بدرجة حرارة متدنّية ، حيث تقلّل المساحة الدنيا من تسرّب الحرارة من الخارج الى السائل ·

الاجسام والمجمّعات فقط ، بل يتناول ايضا الانفعالات والقوى غير المرئية التي تخترق تلك الاجسام . فهذه الهندسة تحدّد مثلا الشكل الواجب اعطاؤه للسدّ كي لا يهدّمه ضغط الماء . ومقدار طفو مركب ذي شكل معيّن . ومقدار ميله اذا حُمّل بطريقة غير متوازنة . والحمل الذي يقلب مرفاعا برجيا . اما القوى التي هي اكثر تعقيدا من الجاذبية ، فأنها تثير مشاكل حلّها اكثر صعوبة . فما هو مثلا الضغط الذي تتحمّله اسطوانة غاز اطرافها مستديرة ؟ واين تنفجر اذا زيد الضغط عليها ؟ (الجواب على السؤال الاخير هو : على سطحها الداخلي في منتصف المسافة بين الطرفين) ؛ وما هو الشكل الافضل لجناح طائرة حتى يتحمّل قوى الرفع والدفع والثقل والمقاومة ويتخذ في الوقت نفسه الوضع المناسب دون ارهاق احد اجزائه ؟ يمكن حلّ مسائل كهذه بصنع نماذج والقيام بحسابات عليها ثم بترجمة رسوم الهندسة الفراغية للنموذج الى ارقام .

(١٠)ـ تخضع المركّبات البصرية لقوانين البصريّات والهندسة الفراغيّة . فالمرآة المستطيلة الحد الظاهرة في صورة مقياس طيف الاشعة تحت الحمراء هي اهليلجية الوجه . وهي توقف حزمة متباعدة من الاشعاع تحت الاحمر الآتي من اليسار . وتعكسها بحيث تتجمع بكلّيتها على كاشف الاشعاع المثبّت تجاه المرآة . اما المرآة الظاهرة في اسفل الصورة الى اليسار . فهي كرويّة الشكل . ويمر بها الاشعاع غير المرئي في مرحلة سابقة من مسيرته في الجهاز . يحتوي الجهاز بكامله على حوالي ٢٠ سطح عاكس .

هندسة بناء الجزيئات

اصبحت مذهلة اهمية الهندسية الفراغية للجزيئات في الكيمياء الحديثة . فهي لا تحدد كيف تتجمّع الجزيئات في البلّورات وحسب . بل تظهر ايضا كيف تتفاعل . وهي مهمّة بنوع خاص لفهم الخمائر . وهي الحفّازات البيولوجية الفعّالة التي باستطاعتها احداث تفاعلات كثيرا ما يعجز الكيميائي عن الاتيان بمثلها . الخميرة جزيء ضخم ذو سطح معقّد نشط لا يحتفظ الا بالجزيئات الملائمة للتفاعل . ويضعها في المكان المناسب كي تتفاعل . بذلك تتغيّر هندسة هذه الجزيئات المتفاعلة . فتغادر السطح كي يصبح مستعدا لاستقبال المزيد من الجزيئات المتفاعلة الاخرى . يتكوّن اللولب المزدوج لجزيئات حامض ثاني اوكسيد الريبونووي (D N A) من ضفيرتين مجدولتين متشابكتين . ان الآلية العجيبة للجسم البشري بكاملها مرتبطة بالهندسة الفراغية تحت المجهرية لهذا الجزيء الذي يكوّن الحفّاز الاساسي للحياة .

الشكل والتماثل

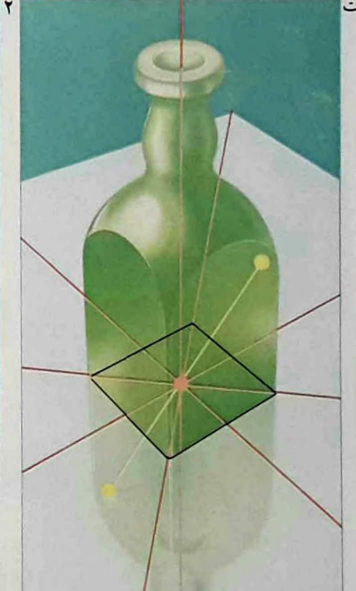
اذا كانت غرفتان في فندق واحد متساويتين في الشكل والأثاث والموقع ، تكون اجرة كليهما واحدة · لأنه اذا كانت الأجرتان مختلفتين ، فلا بد ان يكون احد المستأجرَين يدفع اقل مما يجب ، وهذا غير معقول · ان

هذا العمل الحسابي الأنيق هو من صنع الفكاهي الكندي ستيفن ليكوك (١٨٦٩ - ١٩٤٤) ، الذي وضعه ليوضح الفكرة الرياضية للتماثل ·

التماثل مفهوم جبار ، يظهر فعله في العالم تحت اشكال عدة · فهو موجود في نصفي قنطرة الجسر وفي جناحي الطائر او الطائرة وفي شفرات المروحة · فكل هذه متماثلة الأجزاء ، والا كان احد اجزائها ناقصا من

أ ١

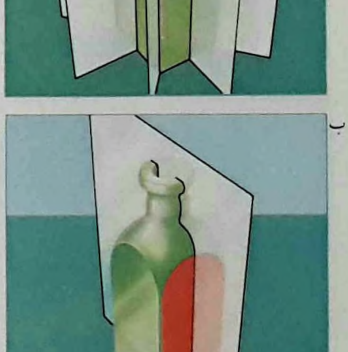
ت



٢



ب



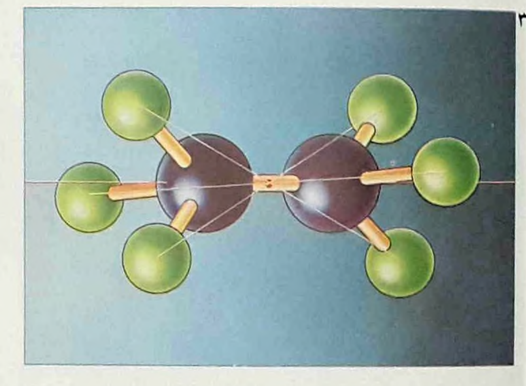
(١) — يكون للجسم . او للكيان الرياضي ، تماثل ، اذا ابقته « عملية تماثلية » معيّنة على حاله · فاذا اديرت القنينة (أ) ٩٠ حول محورها العمودي ، فان مظهرها لا يتغيّر · ولإعادة القنينة الى وضعها الاول لا بد من اخضاعها لهذا الدوران اربع مرات متتالية · لهذا يسمّى محور دورانها « محورا رباعي التماثل الدوراني » · اما عناصر التماثل الاخرى في القنينة فهي ، اربعة سطوح تمر في محور الدوران العمودي · فانعكاس كل نقطة من القنينة بواسطة مثل هذه السطوح على الجهة المقابلة هو عملية تماثل · لكن اذا وضعت اشارة على قنينة (ب) ، فلا يبقى فيها محور دوران عمودي ، ولا يكون لها الا عنصر تماثل واحد هو السطح العمودي ، اما القنينة الزائفة (ت) ، فلها عناصر تماثل جديدة ؛ السطح الافقي ، وفيه اربعة محاور دوران ثنائية التماثل · ولها ايضا مركز تعاكس ، يمكننا ان تدور عليه دون ان يتغير شكلها ·

احدى نواحيه . يميّز الرياضيون بين انواع عدّة مختلفة من التماثل ، وكلها تتلخّص في ما يسمّى « زمرة العمليات التماثلية » ، الحقيقية او الوهمية ، التي كلها تحافظ دوما على عنصر التماثل فيها . فأنه من الممكن مثلا ادارة المربع والمروحة ذات الاربع شفرات مقدار زاوية ٩٠° بدون ان يطرأ على اجزائها اي تغيّر ظاهر . لذلك يقال ان لها « محورا رباعي التماثل » . للأجسام غير المنتظمة الحد الأدنى من التماثل ، لأن اي دوران او انحراف يعدّل في شكلها .

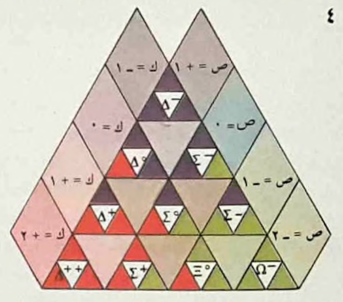
التماثل في الطبيعة

تبيّن الكسفة الثلجية (٥) ، بصورة رائعة ، كيف ان قوانين الطبيعة تصبّ التماثل في منتوجاتها . فزوايا الكسفة هذه المتعددة الجهات تساوي كل منها ١٢٠° ، وذلك لأن جزئيّات الماء التي تكوّنها تتألف من ذرتي

٣



٤



(٢) ـ في بلّورات المواد الكيميائية تماثل مشتق من شبكات الجزيئات المكونة لها . لبلّورة البَوْلة « محور تماثل عمودي » لا يصلح كعنصر تماثل صحيح . هذا يعني ان ادارة البلّورة بمقدار ٩٠° ثم جعلها تنعكس في سطح منصف افقي لا يعدّل في مظهرها . لهذه البلّورة ايضا سطحان ومحورا دوران من الدرجة الثانية .

(٣) ـ الايثان غاز لكل من جزيئاته ذرتا كربون (الكرتان الزرقاوان) وست ذرات هيدروجين (الكرات الخضراء) . وله مركز تعاكس. لكن المجموعتين ك هـ٣ لا ترتبطان بتماثل بواسطة سطح بينهما . يمكن ادارة هاتين المجموعتين بالتناوب للحصول على سطح من هذا النوع . الا ان هذا يلغي مركز التعاكس . ان قضية التماثل الجزيئي، والتعديلات التي تدخلها عليه التحركات الداخلية ، تكاد تحتكر اليوم اهتمام الكيمياء النظرية المعاصرة .

(٤) ـ عبارات التماثل اساسية في فيزياء الجسيمات النووية . ان العديد من الجسيمات الاساسية معروف الآن . ولكن فهم القوانين التي تسيّر حدوثها وتكوّن خصائصها ما يزال ضعيفا . احدى النظريات الجذّابة عنها تعتبرها مؤلفة من « كواركات » . يبيّن الرسم البياني كيف ان الكوارك الازرق والكوارك الأحمر والكوارك الاخضر يمكنها الاندماج ثلاثة ، ثلاثة ، لتكوين واحد من ١٠ جسيمات تسمّى هيبرونات (ـ ، صفر او +) . يتم التنبؤ الصحيح بالشحنة ك وبفرط الشحنة ص لكل هيبرون . بواسطة هذا النوع من التصنيف التماثلي الذي مكّن من التنبؤ بالجسيم Ω^- قبل اكتشافه .

٥



(٥) ـ يعكس تماثل الكسفة الثلجية تماثل جزيئاتها . ولكن الفضل في كمالها المحكم يعود الى عملية نمو البلّورة الدقيق بترسّب البخار على سطح يهتز .

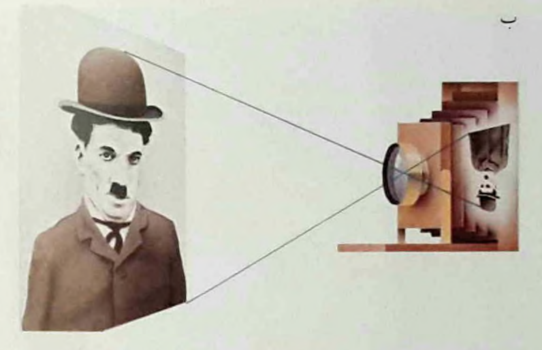
هيدروجين تشكّلان مع ذرة اكسيجين زاوية قدرها ١٢٠° . كذلك تتألف بلّورات البَرَد من اكداس منتظمة من الجزيئات . وهي ايضا تكشف عن هذا التماثل البديع . لكن هذا لا يفسّر لماذا تملك البنية المعقّدة للكسفة الثلجية محورا سداسي التماثل . فكيف يعرف فرع من فروع الكسفة كيف تنمو الفروع الاخرى حتى يقلّدها تماما ؟ جاء الفيزيائي صموئيل تولانسكي (١٩٠٧ - ١٩٧٣) بتفسير لهذا . بقوله انه فيما تسقط الكسفة ، آخذة بخار الماء من الهواء البارد ، تهتزّ وفقا لتماثل بنيتها البلّورية ، فتتحرك جميع فروعها وتلتوي معا وفقا لنمط معقد ومتغيّر . وعلى كل فرع ، تلتقط النقاط الأكثر سرعة اكبر كمية من بخار الماء ، وهكذا ينمو بعضها مع بعضها الآخر .

التماثل في الفكر المجرّد

تعالج الرياضيات موضوع التماثل



٦ أ



ب

(٦) - اكثر قوانين الفيزياء تناقضا ظاهريا هو التماثل الزمني ، اي القانون القائل بأن اية سلسلة من الاحداث يمكن الرجوع بها الى الوراء . قد يبدو هذا منافيا للعقل . لكن عندما نشاهد فيلما عن تصادم كرات البليارد (أ) ، فلا يمكننا الجزم ان الفيلم لا يسير الى الوراء . فالفيلم المعكوس يبيّن حدثا فيزيائيا ممكنا . قد لا يكون هذا الاحتمال قويا ، ولا شك ان احتمال انعكاس اكثر الأحداث ضئيل (مثلا ، رمي حجر في حوض) . رغم ذلك ، فان الحركات المتفرقة للجزيئات في قعر الحوض قد تجتمع على حجر وتقذفه تلقائيا من خلال سطح ساكن . كذلك بامكان اشعة الضوء الرجوع على ادراجها بدقة . فآلة التصوير الفوتوغرافي يمكن ان تستعمل كآلة عرض (ب) ، فيستبدل الجسم بصورته وتبقى الرؤية واضحة .



٧

(٧) - لماذا تدير المرآة صورة من اليمين الى اليسار ولا تقلبها رأسا على عقب ؟ الجواب عن هذا السؤال المربك هو ان المرآة لا تدير الصورة من اليمين الى اليسار ولا تقلبها رأسا على عقب ، بل

باستعمال « نظرية الزمرة » . وهو موضوع شائق ينطلق من بعض البدهيات التافهة ظاهريا ويتطور بسرعة حتى يصبح بنية معقدة مذهلة بدقّتها واناقتها · اغرب ما فيه انه يسمح ، بعكس نظرية الأعداد ، ان تكون **ب × ج** غير متعادلة مع **ج × ب** · قد يبدو هذا اللاتماثل في رياضيات التماثل كأنه هراء كامل · لكن واقع الحال يبيّن ان كيفية تعاقب عمليتين معينتين قد تؤثر في النتيجة ·

٨



(٨) — لنجم البحر خمسة سطوح تماثل ومحور دوران خماسي · لا يوجد بين الحيوانات من تتمتع بهذه الدرجة العالية من التماثل الا بعض الكائنات البحرية المتخصصة (الشعاعيات) · من الأرجح انها تطوّرت عن اجداد ذوي تماثل منخفض ، وهذا يظهر من يرقاناتها التي لا تملك الا التماثل التقريبي ، كأكثر الكائنات بما فيها الانسان · وليس لنجم البحر سطح افقي للتماثل بل لها « أعلى » حقيقي و « اسفل » حقيقي ·

من الوراء الى الأمام · فالجهة اليسرى تبقى يسرى والفوق تبقى فوقا ، لكن الوراء يصبح الواجهة ؛ بما ان اليدين مرتبطتان ، مثل اعضاء الجسم المزدوجة الاخرى ، بتماثل بالنسبة لسطح وتسميان « يسرى » و « يمنى » ، تصبح اليد اليمنى يدا يسرى ، ومن هنا نشأ الارتباك ·

فتنظيف باب اولا ثم طليه بالدهان مثلا يعطي نتيجة تختلف عن تلك التي يعطيها طليه بالدهان اولا ثم تنظيفه ·

ان زمرة التماثل لجسم فيه تماثل هي مجموعة « العمليات » التي يمكن اجراؤها عليه دون تعديل مظهره ، كادارته مثلا ٩٠° او جعل صورته تنعكس في سطح · خذ قنينة ذات قطاع مربّع وانزع عنها اية كتابة · امسك بها بوضع عمودي ، ثم ادرها بزاوية قائمة حول محور يجرّ بزاويتها العليا الى اليسار وزاويتها السفلى الى اليمين المقابلة لها ، فتصبح القنينة في وضع افقي · ثم ادرها ٩٠° باتجاه عقارب الساعة فتعود الى وضعها العمودي الاول · ان ترتيب هاتين الحركتين هو متماثل · لكن اذا ابدلنا ترتيب العمليتين ، تعود القنينة ايضا الى وضعها العمودي ، لكن يكون عنقها قد انقلب ·

تطبيقات نظرية الزمرة

نظرية الزمرة هي احدى ابتكارات رياضيات القرن التاسع عشر ، وجدت لها فيما بعد اوجه استعمال في العلوم · كانت التماثلات التي كشف عنها الباحثون في النظريات العلمية والرياضية عديدة لدرجة انهم اعتادوا عليها واصبحوا يقلقون ويضطربون اذا جابهتهم ظاهرات تخالفها او تشذّ عنها · ففي الكهرطيسية ، مثلا ، نراهم يقفون حيارى امام امكانية عزل الشحنات الكهربائية « الموجبة والسالبة » ، ويتساءلون : لماذا لا يمكن ايضا عزل الاقطاب المغنطيسية « الشمالية والجنوبية » ؟ لذلك قام كثير من الفيزيائيين بالبحث عن جسيمات مغنطيسية لتصحيح هذا « الخطأ » ·

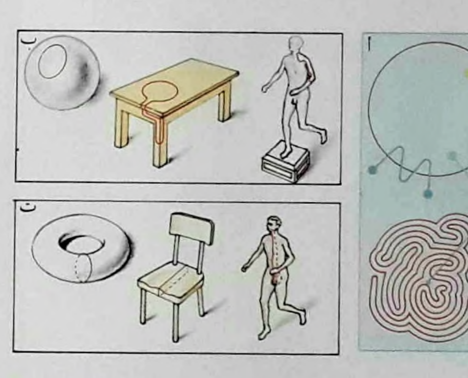
الطوبولوجيا

لماذا يضحك المشاهدون عندما يتتبع الممثل الهزلي المسيو هولو سير خرطوم مياه متشابك ابتداءً من الحنفية . فيجد نفسه في آخر الأمر عائدا من جديد الى الحنفية ؟ وما الغرابة في تلميح جريدة التايمس اللندنية في باب الشؤون المنزلية : « لرتق ثقب في غطاء الطاولة ضع الغطاء على الطاولة . بحيث يكون الثقب الى فوق ... » ؟ كلا الموضوعين يشوش فهمنا البدهي للطوبولوجيا . وهي فرع من الرياضيات لا يعالج الشكل او الحجم . بل يعنى بخصائص اساسية للأجسام والفضاء تفوقهما اهمية .

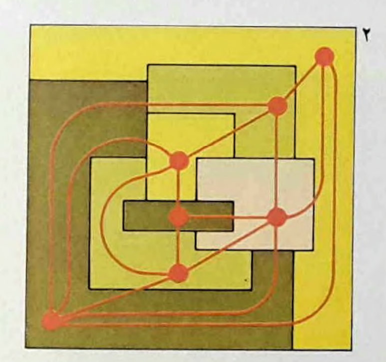
الكرات والشبكات والعقد

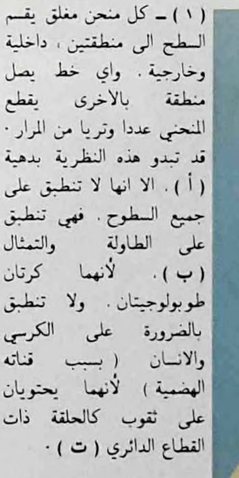
هناك حقيقة طوبولوجية تقول ان

١



٢

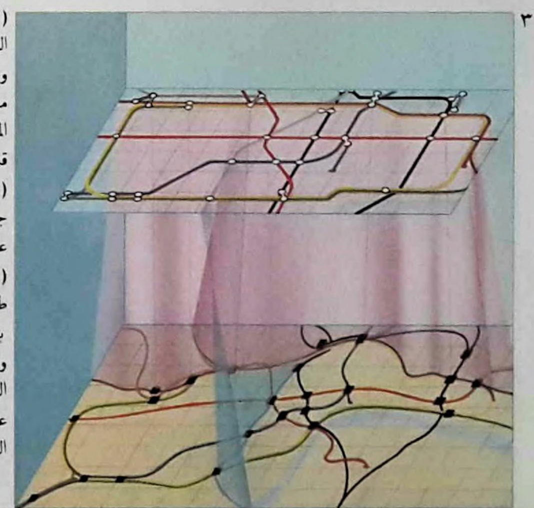




(١) ـ كل منحن مغلق يقسم السطح الى منطقتين ، داخلية وخارجية . واي خط يصل منطقة بالاخرى يقطع المنحني عددا وتريا من المرار . قد تبدو هذه النظرية بدهية (أ) . الا انها لا تنطبق على جميع السطوح . فهي تنطبق على الطاولة والتمثال (ب) . لأنهما كرتان طوبولوجيتان . ولا تنطبق بالضرورة على الكرسي والانسان (بسبب قناته الهضمية) لأنهما يحتويان على ثقوب كالحلقة ذات القطاع الدائري (ت) .

(٢) ـ لا تحتاج خريطة مسطحة الى اكثر من اربعة الوان لتجنب تلوين منطقتين متجاورتين بلون واحد . هذه النظرية . التي اثبتت حديثا . هي جزء من نظرية الرسوم البيانية . فان كل خريطة يمكن رسمها كرسم بياني تكون فيه المساحات نقاط وصل والحدود خطوطا .

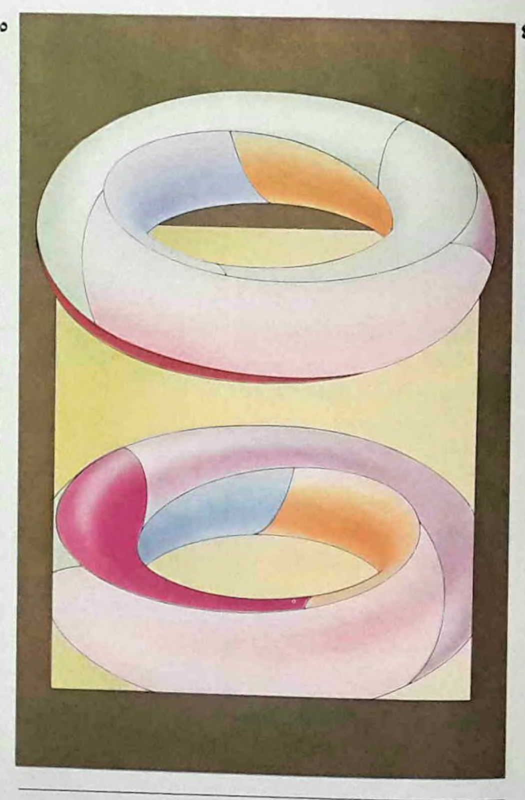
٣



(٣) ـ خريطة شبكة المترو في لندن هي رسم للخطوط الحديدية متشوه جدا . الا ان هذا الرسم يتطابق مع الخطوط . والنقطتان المتصلتان فيه هما متصلتان ايضا في الواقع . ان هذا التطابق

لخرطوم المياه طرفين مهما بلغ طوله وتقوّسه . كذلك فنحن متأكدون ، مهما كان قياس غطاء الطاولة المثقوب وشكل الثقب فيه ، بأنه من المحال بسط الغطاء بحيث يأتي الثقب تحته . هذه الامور البدهية هي ما تتناوله الطوبولوجيا ، فتضعها بشكل منطق رياضي . انها تهتم بجميع خصائص الأجسام التي لا تتأثر بتغيّر شكلها ، حتى لو بلغ هذا التغيّر حده الأقصى . مثالا على ذلك ، يعتبر الطوبولوجي اي جسم صلب بسيط بدون ثقوب « كرة » (١) . لأنه لو كان مصنوعا من الطين الليّن ، لأمكن تدويره ليصبح كرة دون ان يتمزق . لذلك تدعى الطوبولوجيا احيانا « هندسة الواح المطاط » .

لهذا الفرع الغريب من الرياضيات بعض الصلة بعالم الواقع . فالدائرة الكهربائية مثلا كيان طوبولوجي ، لأن المهم فيها هو ليس شكل الاسلاك الصحيح . فالأمر الوحيد الأساسي هو ما يجعل كيانا واحدا في نظر الخريطة والخطوط الحقيقية الطوبولوجيا .



(٤) ـ قد تحتاج خريطة مرسومة على حلقة او على طارة الى ما لا يقل عن سبعة الوان لتجنب وضع اللون الواحد في منطقتين متجاورتين . الخريطة هنا (مع صورتها في مرآة) تحتاج للالوان السبعة ، لأن كل منطقة فيها تتصل بالمناطق الست الباقية . تشكل القطاعات لولبا متصلا يدور مرتين وينغلق على ذاته .

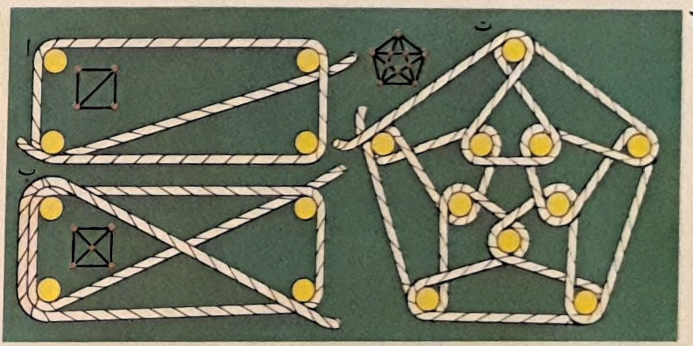


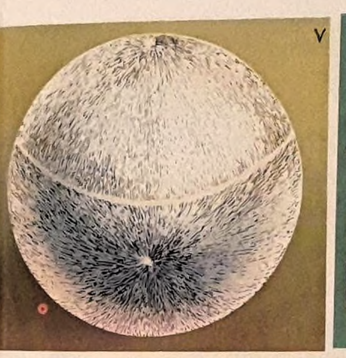
(٥) ـ اهمية الطوبولوجيا لصناعة النسيج تظهر في بنية حياكة الجوارب . كما تمّ تصويرها بواسطة المجهر . لقد صمّم النظام المعقّد للعقد بحيث تبقى الجوارب صالحة اذا ما انقطع فيها خيط .

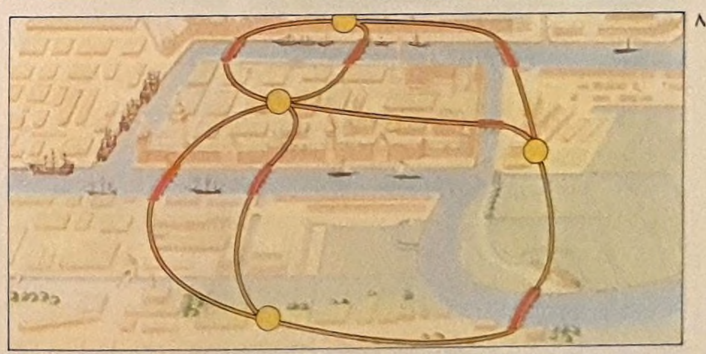
الذي له معنى في نظر الكهربائي انما هو نمط ترتيب الوصلات ؛ لذلك غدت نظرية الرسوم البيانية (٨ ، ٦). وهي فرع الطوبولوجيا الذي يعالج الشبكات ، اساسية في فن تصميم الدوائر الكهربائية . كذلك يمارس اصحاب مصانع النسيج الطوبولوجيا في محاولاتهم لصنع ثياب بخصائص طوبولوجية محددة ؛ منها ما يمكن حبكه بخيط متواصل ، ومنها ما لا ينحل حبكه اذا ما انقطع فيه خيط (٥) .

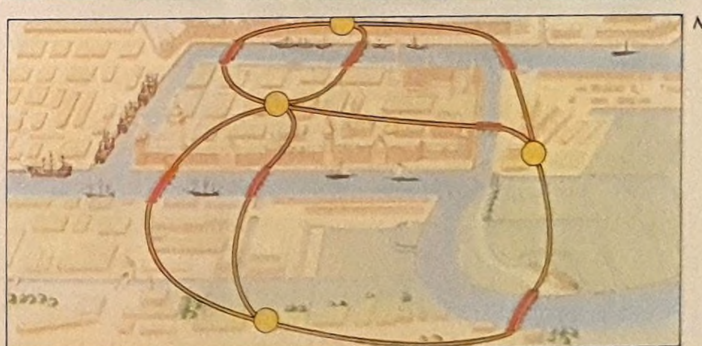
ملعب نظري للرياضيات

تقول احدى النظريات الطوبولوجية النموذجية ان رسم خريطة مسطحة لا يحتاج الى اكثر من اربعة الوان ، اذا اردنا تجنّب تلوين مساحتين متجاورتين باللون نفسه . لا تنبىء هذه النظرية بكيفية التنفيذ في خريطة معيّنة ، لكنها تؤكد فقط ان ذلك ممكن









(٦) - يتطلّب رسم بياني يمكن عبوره في ممر واحد عددا شفعيا من الخطوط عند كل نقطة التقاء . فالنجم الخماسي (ت) يمكن عبوره . لكن الحبل يمر مرتين على المستطيل (ب) . وينطلق من نقطة تختلف عن النقطة التي ينتهي اليها على المستطيل (أ) .

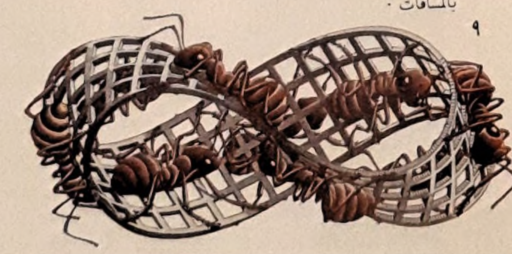
(٧) - لا يمكن جعل كرة مكسوة بالشعر ملساء بكاملها . فلا بد ان يبقى اكليلان على الاقل ينتشر فيهما الشعر من نقطة او يتكدس الشعر في مفرق واحد منها او اكثر . هذه النظرية عن «الكرة الشعراء» تبيّن الطريقة التي تصطفّ فيها الخطوط ، كالشعر على الكرة . فاذا كانت الخطوط خطوط « دفق مغنطيسي» ، تدل النظرية على انه لا بد من ان يكون لكل مغنطيس قطبان ، واذا كانت الخطوط خطوط اتجاه الرياح على الكرة الارضية ، فالنظرية تبرهن ان هنالك مكانا على سطح الارض لا تهب فيه الريح .

(٨) - طرحت مدينة كونيغسبرغ في بروسيا مشكلة عسيرة ادّت الى توضيح نظرية الرسوم البيانية ، فهل يمكن ، في رحلة فيها ، عبور

بطريقة ما . كذلك من المؤكد ، طوبولوجيا ، انه مهما كان سريعا تحريكنا للماء في كأس ، ففي كل حركة تبقى هنالك نقطة من السائل بدون حركة . لا يهتم الطوبولوجي بتعيين هذه النقطة ، فهو يبرهن فقط انها لا بد ان تكون موجودة . من جهة اخرى تختلف حقائق مقررة باختلاف الامكنة والفضاءات . ففي داخل اطار مطاطي مملوء بالماء قد لا توجد نقاط ثابتة . واذا اردنا ان نرسم خريطة

كل من جسورها السبعة مرة واحدة فقط ؟ قام العالم الرياضي السويسري ليونارد اويلر عام ١٧٣٤ بتحليل المسألة . ثم وضع نظريته في امكان عبور شبكة او مخطط (يظهر مرسوما فوق المدينة) التي تقول انه لا بد من قطع احد الجسور مرتين . هذه المسألة تتعلق بالوصلات لا بالمسافات .

٩



(٩) ـ هذا العدد من النمل بقلم م . س . اسكر (١٨٩٨ ـ ١٩٧٢) . يعطي مثلا حسيا عن خصائص شريط موبيوس . كلها موجودة على جهة واحدة من الشريط ، لكنها تبدو وكأنها على الجهتين المتقابلتين . فالشريط المكوّن من ثنيتين تكون له جهتان . لأن عدد الثنيات يحدّد عدد الجهات ويؤثر في النتيجة المذهلة التي تحصل اذا قطعنا الشريط في وسطه .

ملونة على حلقة ذات قطاع دائري . فقد نحتاج الى ما لا يقل عن سبعة الوان (٤) . كما قد يصل عدد الالوان الى ستة اذا رسمناها على شريط موبيوس .

شريط موبيوس هذا يبرر نوعا ما مسيو هولو ، لأنه مضاد للشعور البدهي القوي عند الانسان بأن لكل ورقة وجهين . سمي باسم الرياضي والفلكي الالماني اوغست موبيوس (١٧٩٠ ـ ١٨٦٨) . يمكن صنع هذا الشريط بقص شريط رفيع من الورق ، ثم بطيّه نصف طيّة في وسطه ، واخيرا يلصق طرفيه الواحد بالآخر للحصول على حلقة مفتولة . لهذه الحلقة وجه واحد . للتأكد من ذلك ، يكفي ان نرسم خطا لا يخرج من الحافتين ، فنراه يعود دوما الى نقطة الانطلاق . هناك مفاجأة اخرى ، اذا قصصنا الشريط على طول هذا الخط ، فاننا لن نحصل على حلقتين ، بل على حلقة واحدة .

الفضاء الملتوي

يقوم الطوبولوجيون بدراسة « فضاءات ملتوية » من هذا النوع ، يكون لها ما يزيد عن بعدين (٢) . مهما بلغت صعوبة تخيلها . بالحقيقة من الممكن طوبولوجيا ان يكون الكون ملتويا على طريقة شريط موبيوس . احدى نتائج ذلك قد تكون ان المسافر الذي يتوغل بعيدا جدا في الفضاء ، يرجع معكوسا ، على طريقة الصورة التي تعطيها المرآة ، ويكون قلبه الى اليمين . اذا صح ذلك يصبح بامكان صانعي القفازات عندئذ صنع قفازات لليد اليسرى فقط وارسال نصف انتاجهم في رحلة حول الكون ، فترجع هذه القفازات ملائمة لليد اليمنى .

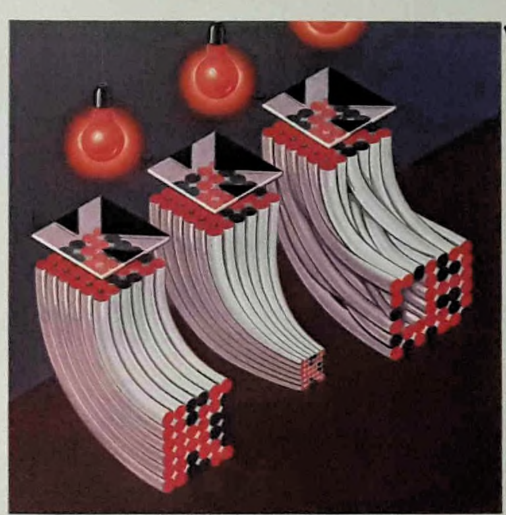
الرياضيات وعلم الخرائط

هل تستطيع قراءة خريطة ؟ أو مخطط ؟ أو رسم بياني لدائرة كهربائية ؟ أو رموز مورس ؟ اذن أنت رياضي . لأن هذه كلها أمثلة عن « خرائط » رياضية . فبكل بساطة ، ليست الخريطة سوى طريقة لوضع علاقة بين مجموعتين من الاشياء (١٠) . ففي خريطة جغرافية (١١) ، كل من النقاط اللامتناهية العدد على سطح الارض يطابق (أو يُسقَط على) نقطة واحدة من النقاط اللامتناهية العدد على الخريطة . كذلك المخطط والرسم البياني لدائرة كهربائية . فهما خريطتان تنقلان بعض سمات جسم مادي الى نموذجه .

الخرائط ومعناها

المهم في هذه الخرائط هو ما تستطيع وما

١

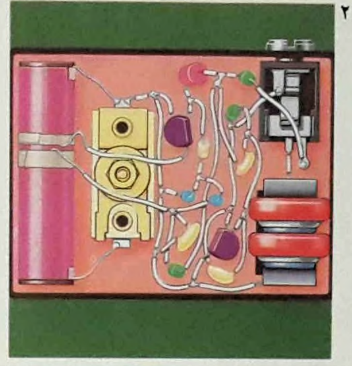


(١) ـ ينتشر الضوء من نقطة الى أخرى بواسطة ألياف . فتمثل حزمة الألياف شيئاً بصورته (أ) . لكن هذه الصورة قد تأتي أصغر منه (ب) أو مشوّهة لاختلاط الألياف (ت) . هذا ما يدعى « الفن الخرائطي بالألياف البصرية » .

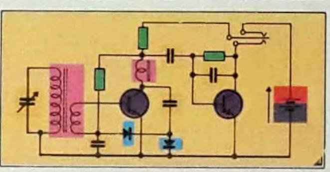
(٢) ـ لدائرة الآلة اللاسلكية العاكسة اللاقطة الرسم البياني ذاته الظاهر في الشكل ٢ .

الرسمان لا يتشابهان ، لكن علاقتهما الخريطية تؤمّن في كليهما ان وحدة الوصلات بين العناصر هي ذاتها في التصميم البياني وفي التصميم المادي . الصانع ليس مقيداً باصطلاحات الرسم البياني . بل يسيّر الاسلاك بطريقة توفر له مثلاً حجماً صغيراً للجهاز . لكن العناصر المتجاورة قد تتداخل بمجاليهما من خلال الفراغات بينهما .

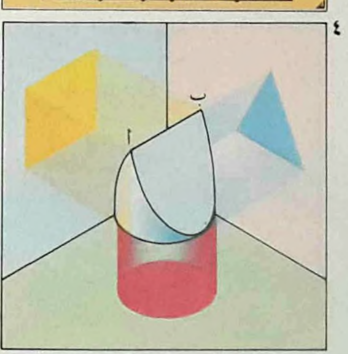
٢



٣

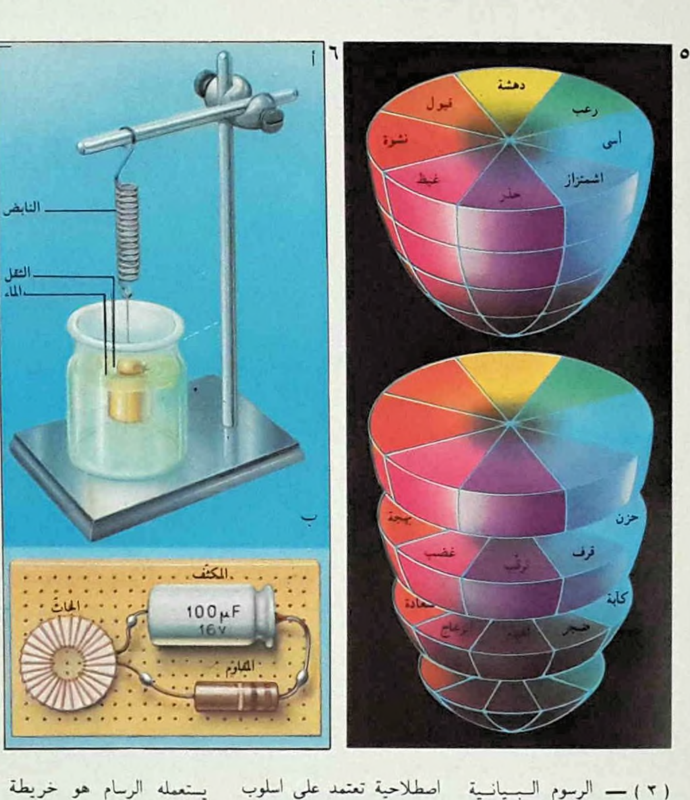


٤



لا تستطيع أن تعمله . فمن المستحيل مثلاً إسقاط الكرة الارضية على سطح من الورق دون التضحية ببعض عناصرها من أجل الحفاظ على بعضها الآخر . كذلك من المستحيل إظهار الاتجاهات الحقيقية على الخريطة بدون بعض التشويه . لكن حتى التمثيل المشوّه هو مقبول رياضياً في الخرائط ، كرسم هولباين المخفي لجمجمة . مجموعة اللطخات المشوهة التي تبدو في ذلك الرسم كأن لا معنى لها هي بالحقيقة صورة زيتية تزيفية ، وهي صورة تظهر متناسبة وغير مشوهة ، اذا نظر اليها من زاوية معيّنة وبالاستعانة بعدسة أو مرآة ، انها تعمل اذن كصورة خرائطية يمكن التعرف اليها عندما تنعكس في مصوّبة اسطوانية .

لا تقتصر الخرائط الجغرافية على تطابقات بسيطة لنقاط في الفضاء ، بل تعالج ايضاً أي موضوع كان ، حتى النقاط



نقط خط أ ب الى الرأس الاعلى للمثلث وتحتفظ بهويتها في الاسقاط المربع الأصفر ، لكنها تفقدها في الاسقاط الدائري الاحمر . فجميع الاسقاطات « تضغط » المعلومات بهذه الطريقة . لذلك يستعمل الرسامون عدداً كبيراً منها .

(٥) ـ قام العالم النفساني بلوتشيك بوضع خريطة للانفعالات على هذا « المجسّم الانفعالي » . واضعاً أعنفها في الرسم الاعلى ونسخة مخففة عنها في الرسم الذي تحته .

(٦) ـ ان ثقلا معلقا بنابض في الماء (أ) ودائرة كهربائية (ب) . يمثل أحدهما خريطة رياضية للآخر . اذا اختل نظام الثقل اهتز بشدة متناقصة . واذا أرسلت نبضة كهربائية في الدائرة حدثت فيها اهتزازات تتضاءل قوتها تدريجياً . في كلا المثلين عنصر يختزن الطاقة (النابض أو المكثف) وعنصر قصور ذاتي (الثقل أو عضو الحث) وعنصر مبدد للطاقة (الماء أو المقاوم) .

(٣) ـ الرسوم البيانية للدوائر الالكترونية هي خرائط لا تهتم بالمقياس أو بالشكل . فهي تظهر الوصلات بين العناصر باشارات اصطلاحية تعتمد على اسلوب معين : الشريط مثلاً يصبح قطعة من خط مستقيم .

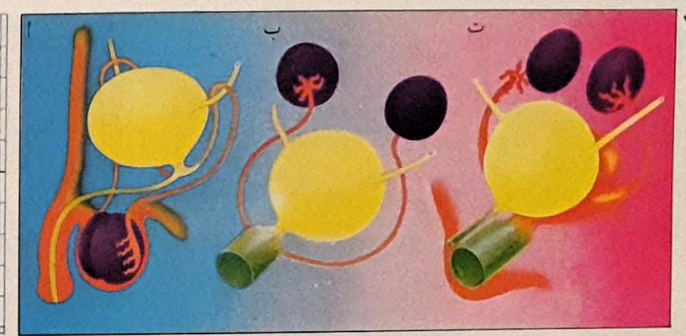
(٤) ـ الإسقاط الذي يستعمله الرسام هو خريطة رياضية تتجمع فيها نقط عدة من الشيء في نقطة واحدة على الصورة . في الاسقاط المثلثي الازرق تتجه جميع

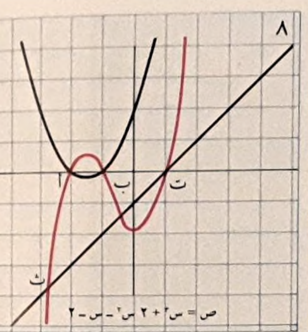
والاعداد والمجموعات والكيانات المجردة التي لا تمثل ولا تعني سوى نفسها · مهما بدت هذه الطريقة متناقضة ، فهي شائعة مثلاً في الترميز السري · فالرمز (الشفرة) انما هو طريقة لاستبدال كل حرف من حروف رسالة بحرف آخر ، أي انه « اسقاط » معقّد للأبجدية على ذاتها ·

الخرائط المتطابقة نقطة نقطة ليست هي النوع الوحيد من الخرائط · فجدول الضرب بصفر ، الذي يرجع جميع الاعداد الى صفر ، هو أيضاً خريطة رياضية · لكن عملية وضع الخرائط تقتضي تعيين صورة أو أكثر لكل عنصر ضمن نطاق عمله ·

الخرائط المتصلة

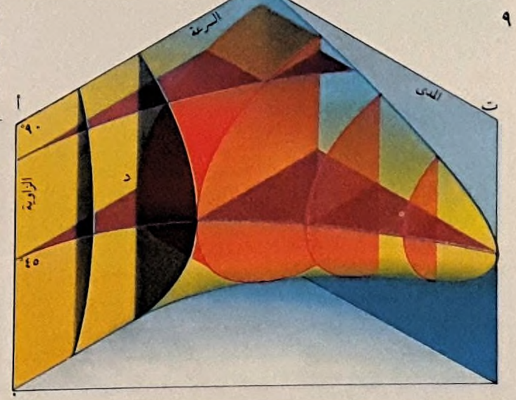
الخرائط الواردة اعلاه أمثلة على نوع الخرائط المنفصلة · فهي تتعلق بمجموعة محدودة من العناصر ، بعكس تلك المتعلقة





(٧) - يمكن اعتبار كل العضوين التناسليين للذكر والأنثى صورة مشوهة لنظام أولي · كما يمكن اعتبار الواحد منهما بمثابة خريطة رياضية للآخر · فالمبيض هو اسقاط للخصيتين (أ) ، كما أن القضيب والمثانة يتمثلان بالرحم والجهاز البولي التناسلي (ت) · هذا ما يوحي بأن يكون كلا الجهازين عند الرجل والمرأة قد تطورا من جهاز أصلي مشترك (ب) ، كما يفيد بأنه كان في الاصل لبنيات مختلفة في الطبيعة شكل واحد ·

(٨) - قال برتراند راسل ، « ان الرياضيات هي فن قول الشيء الواحد بتعابير مختلفة » · المنحنيات تنتهي الى الهندسة ، ومعادلاتها الى الجبر ، والربط بينهما بخرائط هو من اختصاص الهندسة التحليلية · المنحنيان يتقاطعان في أ و ب · معادلاتهما تعطي حلين يساويان احداثيتي أ و ب · كذلك الخط المستقيم يتقاطع مع احديهما في ت و ث ، ونحصل على احداثيتي هاتين النقطتين بحل المعادلتين في آن واحد ·



(٩) - تُسقَط السرعة الفوهية لقذيفة مدفع وزاوية إرتفاعه في خريطة مدى القذيفة · فالسطح ا ب ت هو خريطة للزاوية والسرعة ، وتمثل فيه النقطة (د) زاوية الارتفاع ، كما أن بعدها الافقي عن ا ت يمثل السرعة الفوهية ، أما مسافة السطح العمودية من النقطة د ، فتمثل مدى هذه الأوضاع · يبين كفاف السطح

بنقط سطح أو بمجموعة الاعداد الحقيقية .

إن تمثيل مجموعة من العناصر ، في الفن الخرائطي ، بمجموعة مختلفة تماماً عنها عملية رياضية فعالة . كذلك تفعل الهندسة التحليلية ، فهي تسقط الهندسة على الجبر (٨) . فكل خط أو منحن هندسي « يحال » الى معادلة ، ولكل نظرية هندسية معادلة جبرية تطابقها . فالفن الخرائطي يحافظ على العلاقات الهندسية ، بحيث ان

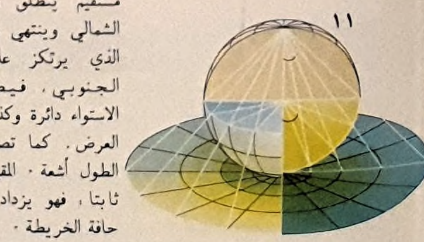
١٠

ان المدى يزداد مع السرعة ويبلغ حده الاقصى بزاوية ارتفاع ٤٥ .

(١٠)- تربط الخريطة الرياضية بين مجموعة من الاشياء (مثلاً أ ، ب ، ج ، د) و « صورة » عنها (مثلاً ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤) . في الرسم يرمز السهم الى هذه العلاقة .

(١١)- في هذا الرسم البياني ، كل نقطة من الكرة الارضية مُسقَطة على نقطة من الخريطة . هنا يرسم « الاسقاط السمتي » خريطة نصف الكرة الجنوبي . يتم اسقاط كل نقطة على خط مستقيم ينطلق من القطب الشمالي وينتهي عند السطح الذي يرتكز عليه القطب الجنوبي ، فيصبح خط الاستواء دائرة وكذلك خطوط العرض . كما تصبح خطوط الطول أشعة . المقياس ليس ثابتا ، فهو يزداد بشدة عند حافة الخريطة .

١١



المسائل الهندسية الصعبة يمكن تحويلها الى معادلات جبرية بسهولة ، ثم يعاد تحويلها الى تعابير هندسية لتعطي الحقيقة المطلوبة هندسياً .

شفرة مورس مثل آخر عن هذا النوع من التمثيل بالخرائط . تُمثَّل الأحرف والاعداد بالنقط والخطوط . هذه بدورها تُمثَّل بومضات ضوئية قصيرة وأخرى طويلة من تيار كهربائي . في الطرف اللاقط تُحوَّل مجدداً النقط والخطوط الى أحرف وأعداد .

هناك عدد كبير من المشاريع العملية والتقنية التي يتوقف نجاحها على تمثيل العالم الحقيقي بنظم رمزية تحافظ على خصائصه الهامة . فالفلكي مثلاً يمثل مواقع الاجرام السماوية بمجموعة من المعادلات ، وبعد اجراء الحسابات على هذه المعادلات ، يصل الى نتائج يمثلها عكسياً بتنبّوءات عن مواقع الاجرام ، فيتنبأ مثلاً عن كسوف أو خسوف .

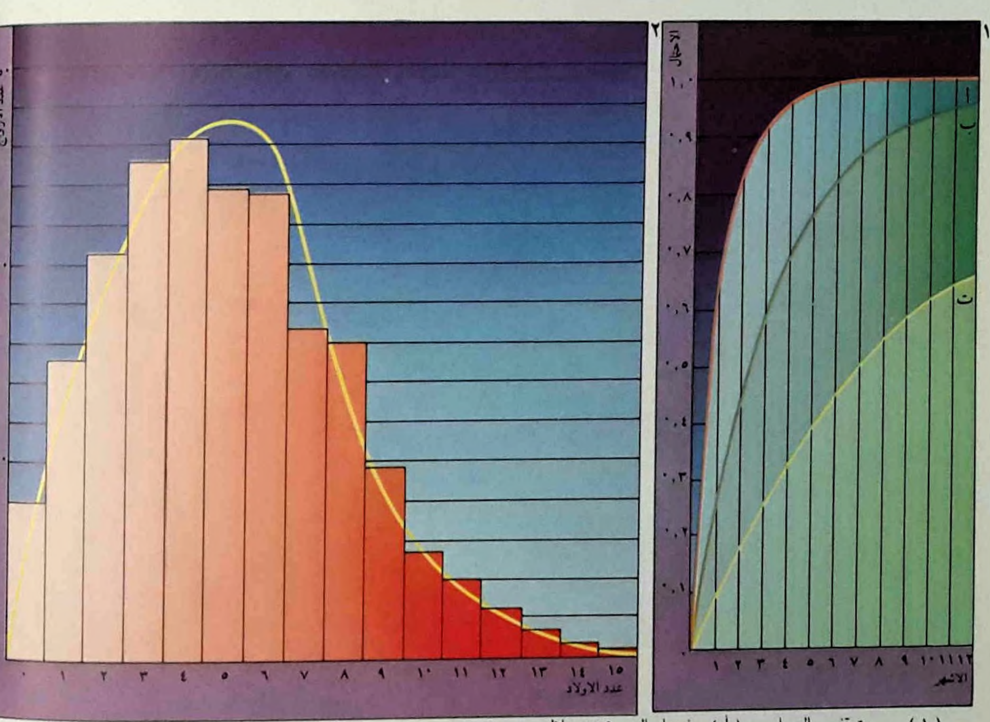
التمثيل : من النظري الى العملي

إن التأكد من صلاحية التمثيل بالخرائط هو من عمل علم الرياضيات . بهذا المعنى يمكن اعتبار جميع النظريات العلمية بمثابة خرائط ، كذلك هي الحسابات والتصاميم التي يقرر بها المهندس على الورق ان طائرة ، لم يتم بناؤها بعد ، يمكنها أن تطير . وكما في الخرائط الجغرافية الاخرى ، تضحّي هذه الخرائط ببعض الميزات لتحافظ على غيرها ، ولذلك فهي ناقصة ، وقد تفشل تماماً في بعض المجالات ، كما قد تشوّه الحقيقة في بعضها الآخر . هذا هو ما يجعلها أحياناً عديمة الفائدة عمليا .

الوقائع وعلم الاحصاء

خلال الدقيقة المقبلة ، سيولد ما لا يقل عن ٦٠ طفلا في العالم وما لا يزيد عن ٣١٠. لا يتطلب هذا الادعاء الاحصائي ان يكون لدينا معلومات حتى ولا عن امرأة معيّنة واحدة ، بل يقوم فقط على الافتراض القائل ان معدل الولادات في العالم يساوي ٣ بالثانية ، وان احتمال الخطأ هو واحد من الف فقط ·

مهمة علم الاحصاء هي اعطاء تقديرات يركن اليها عن احتمال حدوث امر ما · فكّر مثلا باللعبة الكلاسيكية : نقر قطعة نقدية بالظفر في الهواء لمعرفة الوجه الذي ستستقر عليه · فاذا نقرت قطعة غير منحازة مليون مرة ، فانها تعطي ، بثقة ٩٩ بالمئة ، ما بين



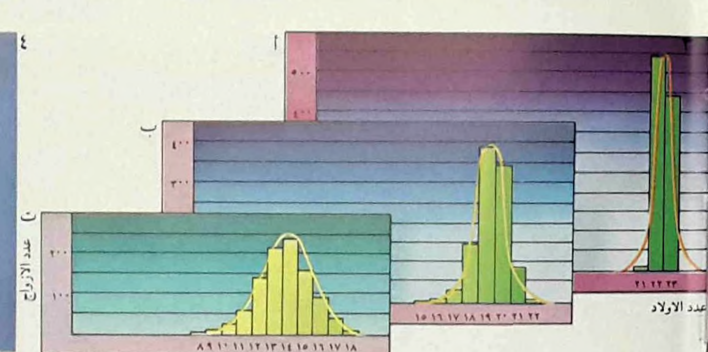
(١) - يتوقف الحمل على احتمالات صغيرة عدة حتى ولو تم الجماع اثناء الاباضة · قد يكون حظ زوجين خصبين بحدوث الحمل كبيرا كما في المنحني (أ) ، فيصل الى ٩٠٪ خلال ٣ اشهر ، وقد يكون حظ زوجين متوسطي الخصب (ب) ٦٠٪ بحدوث الحمل خلال الفترة ذاتها ، و ٢٥٪ في المدة ذاتها لزوجين بخصب منخفض (ت) و ٦٠٪ خلال سنة كاملة ·

(٢) - العائلات الكبيرة جدا نادرة حتى لدى الجماعات البدائية · من العوامل التي تحدّ من العدد موت الام او عقمها · اذا حدث ، لاسباب كهذه ، ان احتمال اكتمال العائلة بعد الولادة الاولى قد قدّر ب ٤٪ وبعد الولادة الثانية ب ٨٪

٤٩٨٧٠٠ و ٥٠٢٣٠٠ وجه القطعة ، وباقي المرات ظهرها ·

الحظ والثقة

من المألوف ورود جمل مثل « بثقة ٩٩ بالمئة » في سجلات الاحصاءات · لا تصل الثقة الى ١٠٠ بالمئة ابدا · ولهذا السبب يعطي دائما الاحصائي الجدير بالاحترام حدود ثقته · وهو مصيب ٩٩ بالمئة من المرات في تحديد انحياز القطعة النقدية بين حدود معيّنة · قد يحدث مرة واحدة في المئة صدفة ان تعطي قطعة ذات انحياز كبير اعدادا متساوية من الوجوه والظهور · اذا كان من الضروري حقا تحديد مدى انحياز القطعة النقدية بمقدار كبير من الثقة ، يجب عند ذلك الاكثار من عدد النقرات · في الاحصاء ، نجد دائما هذا النوع من التناوب بين المعلومات اللازمة وموثوقية المعرفة الحاصلة ،



، وهكذا دواليك ، فيكون لكل من العائلات التي هي كثيرة الخصب ومتوسطته وقليلته معدل من ٥ الى ٦ اولاد ، ويكون الرسم البياني لكل منها متماثلا وبالشكل الظاهر هنا ·

(٣) ـ تظهر حسابات الدماغ الالكتروني مدى حجم العائلة التي يمكن توقعها لكل نوع (من الانواع المذكورة في الشكل ١) من الازواج بعد ٢٥ سنة ، محسوبة على اساس ١٠٠٠ عائلة · من المرجح ان يكون للزوجين أ ، ما بين ٢١ و ٢٣ ولد ، و ب ؛ ١٥ ـ ٢١ ، و ت ، ١٠ ـ ١٧ ·

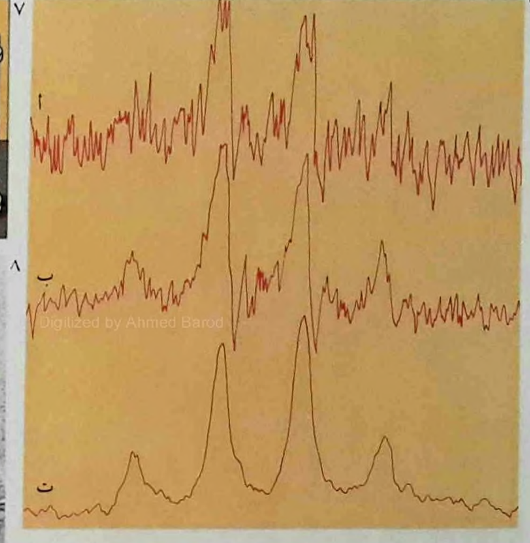
(٤) - يتوزع وابل من الكرات يدخل لوحة « غالتون » هذه بشكل « منحني الخطأ الطبيعي » الجرسي الشكل · هذا المنحني وامثاله مألوف في الاحصائيات فهو يبين الأحداث متأثرة بعدة احتمالات افرادية ، كالأحداث التي يكون اكثرها قريبا من المعدل ، والقليل منها يتناثر بعيدا جدا عنه ·

(٥) ـ يقترب الناس من صندوق القبض او الدفع بطريقة لا يمكن التنبؤ بها · كم يلزم من الموظفين لتأمين خدمة فعالة ؟ يوجه هذا السؤال الى « نظرية الوقوف بالصف » التي تقول بان خدمة رتل واحد يخدمه موظفان اكثر فعالية من خدمة رتلين يخدم كلا منهما موظف واحد · وهي تقرر ايضا عدد مفاتيح التبديل اللازم لمقسم الهاتف حتى يلبي طلبات تأتي عشوائيا ، وعدد العمال في محل تصليح السيارات حتى يلبي طلبات تصليح غير منتظمة الوصول الخ ·· وهي تبرهن ايضا بانه يجب ان ينقسم الرتل من رأسه الى قسمين اذا اريد تجنب نموه باستمرار ·

مع العلم ان الثقة التامة او اليقين الخالص ليس في متناول اليد ·

التخمين الجيد والسيء

علم الاحصاء مهم بالنسبة لشركات التأمين · هل سيموت بعد سن الاربعين زبون هو الان في العشرين ؟ لا احد يدري · لكن شركة التأمين تقدّر ، استنادا الى سجلاتها عن الوف الرجال والنساء ، عدد الزبائن الذين يرجح موتهم ، وعلى هذا الاساس تحدد الاقساط المطلوب تحصيلها من الزبائن لتبقى اعمالها مزدهرة · وهي تستطيع ، استنادا الى الاحصاءات المتجمعة من مصادر مختلفة عن اعمار الناس ، استنتاج مقدار خطر زيادة الوزن والتدخين وما شابه على الصحة · وهي تتوصل الى ذلك بالتنقيب عن « الانحياز » في سجلات الموتى من مختلف الفئات ، تماما كما يمكن التنقيب عنه في سجلات نقر







(٦) ـ على الكثير من الآلات العلمية تسجيل اشارة ضعيفة تحيط بها خلفية من التداخل العشوائي · احدى الخطط المعتمدة لتخفيف التداخل تقضي بتكرار القياس عدة مرات · فالاشارة المقصودة تسجيلها تبقى دائما موجودة بينما التداخل يكون موجباً او سالبا ومن شأنه احصائيا ابطال نفسه بنفسه · الرُسيم الاعلى (أ) المأخوذ عن قياس طيف الرنين المغنطيسي النووي يظهر طيفا متدرجا بسبب التداخل العشوائي ، لقد اضيف ١٦ مسحا للحصول على (ب) و ٢٥٦ مسحا للحصول على (ت) ·

(٧) ـ اذا صب سائل في سائل اخر وترك ، تصبح الحدود بين السائلين بعد قليل مشوشة ، ومع الوقت يصبح الخليط سائلا واحدا · كل فرد من الجزيئات يجول بمفرده عشوائيا ، ولكن المجموع الاحصائي لجميع تجولاتهم هو خليط تام ، اي اكبر قدر ممكن من الفوضى · ان الازدياد التدريجي ، ولكن المحتوم ، للفوضى هو من القوانين الاساسية في الفيزياء ·

---

(٨) ـ عندما يطأ شخص درجة فانه ينزع شيئا من

مختلف القطع النقدية ·

هذا ما تستفيد منه العلوم الطبية ايضا ، فالتحليل الاحصائي هو الذي اظهر العلاقة بين تناول دواء التاليدوميد خلال الحبل وولادة الاطفال المشوهين . وبين تدخين السجائر وسرطان الرئة · لكن هذه العلاقات بحاجة لتفسير حذر · فليس باستطاعة الاحصاءات لوحدها اعطاء السبب في كون المدخنين اكثر تعرضا للسرطان من غير المدخنين · فعلاقات الارتباط ليست بالضرورة اسبابا ، بل قد تكون مجرد ادلة فقط · الخطر هو في انه من السهل سوء استعمال الاحصاءات ·



(٩) ـ الحبات الحساسة للضوء تتوزع في جيلاتين افلام التصوير الفوتوغرافي · يلزم فوتونان (جسيما الضوء) لضرب الحبة (أ) حتى تصبح صالحة للتحميض (ب) · احتمال حدوث ذلك للحبة الواحدة ضئيل حتى تحت وابل من الفوتونات · لكن هذه الاخيرة تكون كثيرة (ت) لدرجة ان الاحصائيات تقضي بان لا يكون عدد الحبات المحمضة متناسبا مع درجة الانارة (ث) · لكن هنالك احتمالا بعيدا بان تأتي الصورة مختلفة تماما عن الاصل المصوَّر ·

الحجر الذي يمر عليه · يبلى الحجر مع السنين بحسب معدل توزيع الخطى على الدرجات · لما كان اكثر الناس يفضلون المشي في الوسط ، لكنهم ينحرفون صدفة الى جنب او آخر ، فان الدرجات يصيبها البلاء وفقاً لمنحني الخطأ الطبيعي الجرسي الشكل · الحجر في الدرج هو منحن احصائي يرسم نفسه مع الزمن ·

الجزيئات والشريط المغنطيسي

يمكن القول ، بمعنى من المعاني ، ان الاحصائيات تتحكم بالكون ، لان ذراته وجزيئاته الافرادية لا يمكن بسبب مبدأ الريبة التنبؤ تماما بتصرفاتها · لا يمكن فهم هذه التصرفات الا عندما تدرس هذه الجسيمات بالملايين العديدة ·كذلك عندما نقوّي حجم الصوت في مكبّر صوتي جيد مثلا ، فاننا نسمع هسيسا خفيفا يأتي من تضخيم الحركة العشوائية للالكترونات في دائرة الدخل · فكل شيء يحدث هنا وكأن المكبر يعالج المعلومات « بنقر الالكترونات » · ليس من الممكن تجنب الريبة الناجمة عن مثل هذه الافتراضات ·

بطريقة شبيهة ، يرسم التسجيل المغنطيسي « خريطة » لاشارة صوتية ، فيفصلها الى ملايين من جسيمات اكسيد معدني على الشريط · كل جسيم يكون فقط في احدى حالتين مغنطيسيتين تعادلان « الوجه والظهر » ·

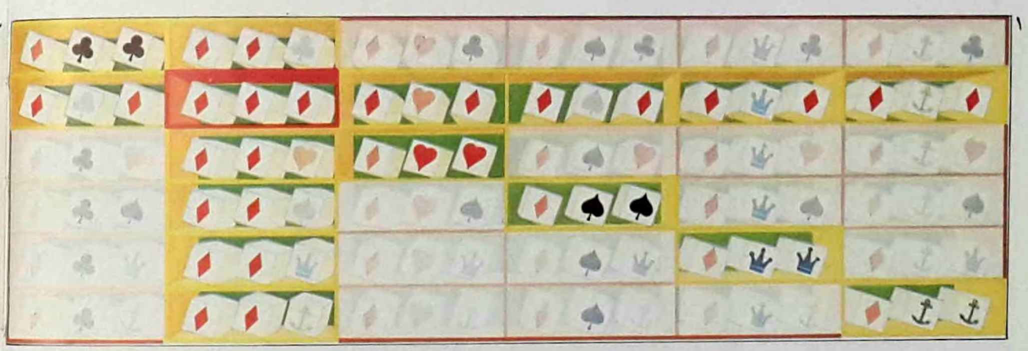
هذه المبادىء الاحصائية نفسها هي ما يشكّل الأساس في استخراج المعلومات من نقر القطعات النقدية ومن مصير المدخنين ومن قراءة الشريط المغنطيسي · وهي هذه المبادىء عينها التي تجعلك ترجح ترجيحا قويا انك ستتمكّن من إكمال تنفسك القادم ·

الصدفة والاحتمال

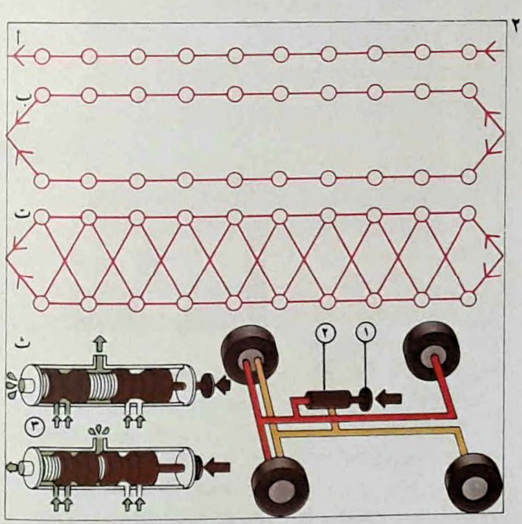
استولى القلق على رجل اعمال من انتشار تدمير الطائرات بالقنابل . فاستشار رياضيا . فاجابه : « لا تقلق . فهنالك امكانية واحد من الف فقط بأن تكون قنبلة في طائرة » . فقال رجل الأعمال : « ولكنني كثير الاسفار » . فاجابه : « اذن احمل معك قنبلة . لأن امكانية وجود قنبلتين على متن طائرة واحدة هي واحد من مليون » .

كيف التوصل الى معرفة الاحتمالات ؟

هناك فكرة بسيطة . لكنها شائعة . من نظرية الاحتمالات تقول : اذا اخذنا حدثين مستقلين . لكل منهما احتمال وقوع معروف . مثلا واحد من الف . يكون احتمال حدوثهما

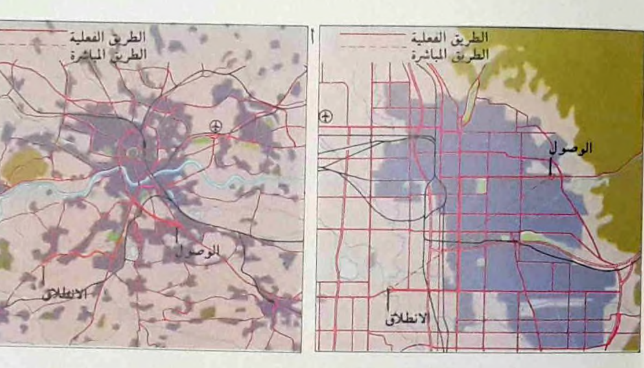


(١) ـ تستعمل لعبة التاج والمرساة ٣ نردات نقشت على كل منها الرموز الستة التي في المصفوفة اعلاه . هذه المصفوفة تظهر جميع النتائج الممكنة . عندما يقع النرد على الوجه « الديناري » (هنالك خمس مصفوفات اخرى مماثلة) . يراهن اللاعب على رموزه ضد مدير اللعب الذي يدفع ضعفي الرهان اذا جاء الرمز مفردا وثلاثة اضعافه اذا جاء مزدوجا واربعة اضعافه اذا جاء مثلثا . لنفرض ان اللاعب راهن على رموزه الستة . اي انه وضع ٦ وحدات رهان في كل قذيفة نرد . القاعدة تقول ان رموزا ثلاثة مختلفة تأتي ٢٠ مرة من اصل ٣٦ (الموجودة على المصفوفة) . ولا يحقق مدير اللعب اي ربح فيها . لأنه يدفع للاعب ثلاث مرات ضعفي الرهان بعد كل قذفة ؛ وان الرمز يجيء مزدوجا ١٥ مرة (من ٣٦) . فيدفع مدير اللعب ٣ اضعاف الرهان على المزدوج وضعفيه على المفرد ويحتفظ بوحدة رهان . اما على المثلث الأوحد . فيدفع ٤ اضعاف ويحتفظ باثنين . فمدير اللعب يربح اذن . في ٣٦ جولة . ١٥ + ٢ = ١٧ وحدة رهان من اصل ٦ × ٣٦ = ٢١٦ اي بمردود ٧٫٩ ٪ .



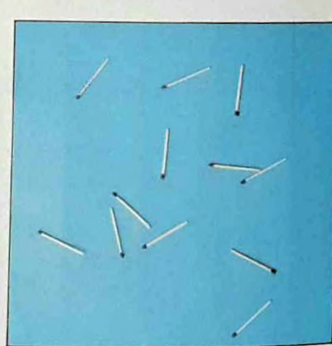
بالفعل معا في آن واحد حاصل ضرب الاحتمالين ، اي واحد من مليون . قاعدة الضرب هذه هي احدى الدعامتين اللتين تقوم عليهما نظرية الاحتمالات . الدعامة الثانية هي قاعدة الجمع التي تقول : اذا اخذنا حدثين لا يمكنهما ان يقعا معا في آن واحد كظهور رقم ١ ورقم ٢ على النرد بعد دحرجته ، اذ لا يمكن لدحرجة واحدة ان تأتي بالعددين معا ، فأن احتمال حدوث اي منهما يساوي مجموع احتماليهما . في هذا المثل : بما ان احتمال كل منهما $\frac{١}{٦}$ ، يكون احتمال اي منهما : $\frac{١}{٦} + \frac{١}{٦} = \frac{١}{٣}$. اذا استعملت هاتان القاعدتان بدقّة ، فأنهما تساعدان على حل اكثر المسائل المتعلقة بالاحتمالات . فهما كناية عن نظرية احتمال « ذرية » . تقوم على تحليل كل حدث مركّب الى احداث جزئية اساسية ـ ذرات الحدث ـ تكون كلها متعادلة الاحتمال .

٢





٤



(٢) ـ ان سلسلة من المركّبات من النوع الذي لا يعمل الا اذا عملت جميع عناصره يعوّل عليها اقل مما يعوّل على عناصرها الافرادية . اذا ضمت ١٠ عناصر ، يكون التعويل على كل منها بنسبة ٩٩ ٪ (أ) . اما التعويل على السلسلة بكاملها فهو هنا فقط ٩٠ ٪ . يمكن تحسينه بمضاعفة العناصر (ب) . كذلك اذا وضعت هذه العناصر في مجموعتين متوازيتين ، يكون احتمال عمل احداهما على الاقل هو ٩٥ ٪ . لكن من الافضل وضع كل عنصر متوازيا مع العنصر الآخر ، فيعمل الزوج المتوازي ، حتى اذا تعطّل احد عنصريه (ت) . عندئذ يصبح احتمال عمل كل زوج ٩٩,٩ ٪ واحتمال عمل السلسلة بمجموعها ٩٥ ٪ . هذا المبدأ يستعمل في نظام المكابح المزدوجة للسيارات (ث) . فضغط الدوّاسة (١) يحرّك مكابس في الاسطوانة الرئيسية (٢) . المجموعة المؤلّفة من ثلاثة مكابح تعمل حتى لو تعطّل واحد منها (٣) .

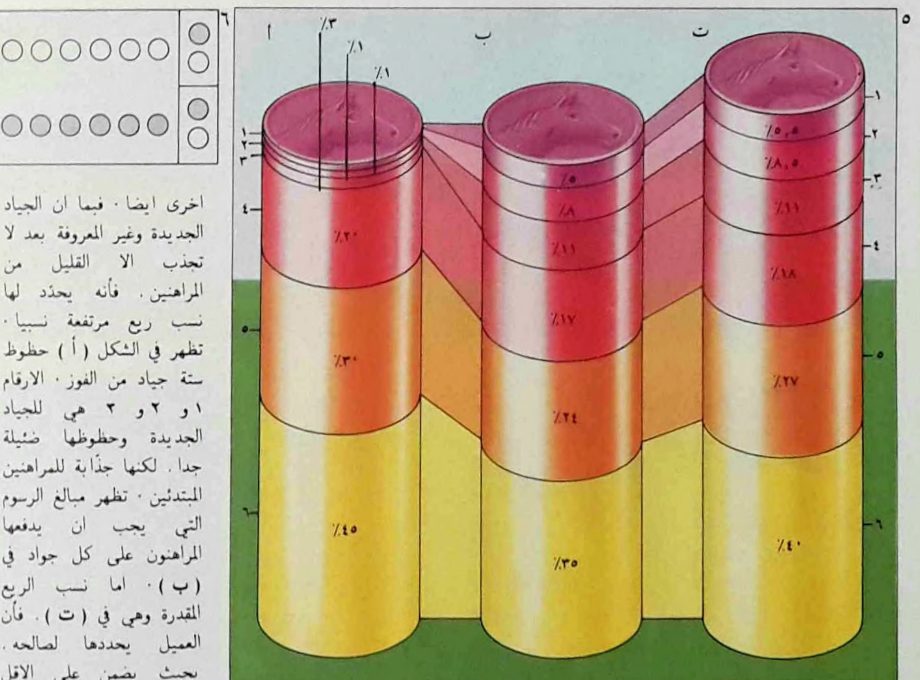
(٣) ـ هل ان شقّ الطرقات بشبكة منطقية في مدينة سولت لايك سيتي (أ) افضل للتجوال في المدينة من تعرّج طرقات مدينة كراكوف البولونية (ب) ؟ ان رحلة قطرية على الشبكة تجبرك على قطع ما يعادل ضلعي مثلّث ، حتى ولو سلكت طريقا متعرّجا . نظرية الاحتمالات تظهر ان توزيعا عشوائيا لخطوط مستقيمة (ت) هو الافضل لتسهيل رحلات غير متوقعة بين نقطتين ، والتوزيع في كراكوف اقرب الى هذا الوضع .

(٤) ـ في « لعبة الابرة » يرمى عود الثقاب عشوائيا على قماش مخطط . اذا كانت المسافة بين خطين تساوي عدة مرات طول العمود ، (ن) فأن احتمال وقوع العود متقاطعا مع احد الخطوط يساوي $\frac{٢}{ن \pi}$.

للتوصّل، بتطبيق القاعدتين السابقتين، الى معرفة احتمال وقوع ذلك الحدث المركّب. لكن هذه الطريقة تحتاج الى كثير من الدقّة. فكثير من الحجج الخاطئة تتأتّى عن اختيار خاطىء للامكانات الجزئية الاساسية المتعادلة الاحتمال.

حساب احتمالات الربح

تتراوح الاحتمالات، في التدوين الرياضي، بين الصفر (مستحيل) و ١ (اكيد). اذا كانت هنالك سبع امكانات متعادلة الاحتمال وكان اختيار ٢ منها يؤدي الى الربح، فاحتمال الربح يكون ٢ من ٧ او $\frac{٢}{٧}$ او ٠٫٢٨٥٧. ويقال ايضا ٢٨٫٥٧ ٪ او، بلغة المراهنة: ٢ على ٥ «مع» او ٥ على ٢ «ضد». لهذه الاعداد معنى بديهي واضح عندما تطبّق على حالات تتكرّر عدة مرات. فاذا اجريت ٧٠٠٠ محاولة، وكان احتمال



(٥) – يتوخى عميل المراهنات في سباق الخيل، في تحديده لنسب ارباح المراهنين، تأمين ربح ثابت دائم له. ايا كان الجواد الرابح. فاذا كان رسم الرهان الذي على المراهن ان يدفعه ٣ ليرات على جواد و ٥ ل. على جواد آخر. فأنه يحدد الربح الذي يجنيه المراهن اذا ربح جواده على اساس ٧ : ٣ على الاول و ٧ : ٥ على الثاني. هكذا، ايا كان الجواد الرابح، يدفع العميل الى المراهن ٧ ليرات. فيبقى معه كل مرة ليرة واحدة تكون هي ربحه. ثم انه يستعمل نظرية اللعب في مجالات اخرى ايضا. فبما ان الجياد الجديدة وغير المعروفة بعد لا تجذب الا القليل من المراهنين، فأنه يحدّد لها نسب ربح مرتفعة نسبيا. تظهر في الشكل (أ) حظوظ ستة جياد من الفوز. الارقام ١ و ٢ و ٣ هي للجياد الجديدة وحظوظها ضئيلة جدا، لكنها جذّابة للمراهنين المبتدئين. تظهر مبالغ الرسوم التي يجب ان يدفعها المراهنون على كل جواد في (ب). اما نسب الربح المقدرة وهي في (ت). فأن العميل يحددها لصالحه، بحيث يضمن على الاقل الربح الناجم عن الفرق بين مبالغ (ت) و (ب). هذا الحساب الرياضي ذاته للارجحيات (الاحتمالات) يستعمل في كل فرع من فروع العلم. في النظرية الذرية مثلا يحدد موقع الإلكترون في الذرة

الربح لكل منها يساوي $\frac{٢}{٧}$. فمن المتوقع الربح ٢٠٠٠ مرة من اصل ٧٠٠٠ مرة . واذا كان رسم المراهنة الذي على المراهن ان يدفعه عن كل محاولة هو ليرتان . والمبلغ الذي يجب ان يدفع اليه عن كل مرة يربح ٧ ليرات . فأنه على المدى البعيد لا يربح ولا يخسر .

اما في ميدان التنبؤ عن نتائج الالعاب الرياضية والاعمال التجارية وما اشبه . فالارجحيات لا تكون موضوعية ولا خاضعة



٧

على اساس حساب الاحتمالات .

(٦) – قد يعطي قذف قطعة نقدية في الهواء وجها او ظهرا . احتمال الوجه (او الظهر) في كل قذفة هو ١/٢ (٠،٥) . اي ان الاحتمالين متعادلان . اذا اعطت ٨ قذفات متتالية وجها . فذلك قد يغري المراهن على متابعة اللعب . اذ انه يتوقع ظهرا في القذفة التاسعة . لكن الاحتمال الرياضي لكل من النتيجتين يبقى ١/٢ تماما . اي ان الاحتمالين يظلان متعادلين .

(٧) – لا تتمكن نظرية الاحتمالات من التنبؤ بنتيجة حدث يعتمد على الصدفة كدحرجة نرد او نقر قطعة نقدية . لكن . على المدى البعيد (الوف الدحرجات) . كل رقم على النرد يقع باحتمال $\frac{١}{٦}$.

لقواعد حسابات دقيقة . بل تأتي عموما نتيجة لتقديرات شخصية تختلف باختلاف اهواء الناس . لكن من الممكن التوصل الى شيء من اليقين في بعض الحالات الخاصة . لنأخذ مثالا على ذلك اللعبة التي يلعبها كل منا مع الاولاد . فيخفي في احدى يديه زرًا . ويطلب من الولد ان يحزر اليد التي تحتوي على الزرّ . فيعطيه قطعة نقدية اذا حزر . والّا يأخذ منه واحدة . اذا اخفى اللاعب الزر دائما في اليد ذاتها او اذا ابدل اليدين بانتظام . فسرعان ما يكتشف الولد الخطة . فيربح عليه . لكن نظرية اللعب تعلّم اللاعب الحيلة التي بها يستبدل يديه بطريقة تصعب ملاحظتها . وهي ان يقذف مثلا قطعة نقدية في الهواء قبل كل جولة لالهاء الولد عن حركة تبديل اليدين . هذه الطريقة مضمونة تماما . اذ لا يستطيع الولد ان يربح اكثر مما يخسر . على المدى البعيد . حتى ولو اكتشف حيلة الإلهاء تلك .

التطبيقات في النزاعات الحقيقية

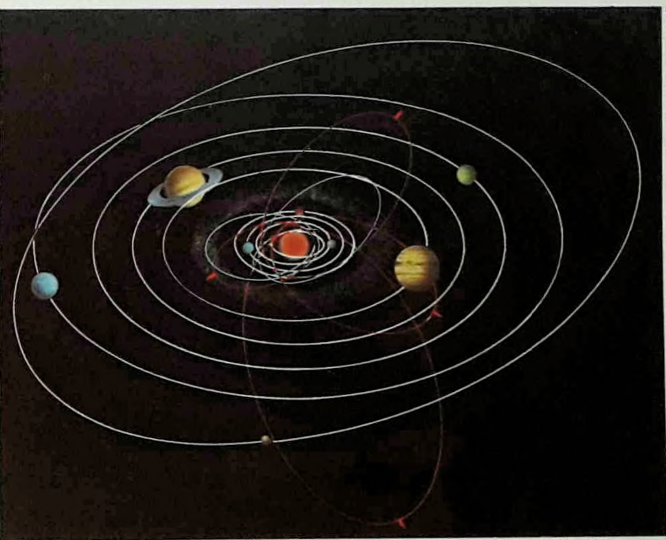
كثيرا ما تستعمل « نظرية اللعب » في النزاعات الحقيقية . كالحرب والاعمال . ولكن نادرا ومن الصعب تطبيقها بدقة . فاذا عقد شخصان مثلا اتفاقا في ما بينهما . توصي نظرية اللعب كلا منهما بأن يخدع الآخر . ليربح اكثر اذا كان الآخر شريفا . في عالم الاحداث الفريدة التي قد تقع او لا تقع . يقتضي مفهوم الاحتمالات معالجة حذرة . لتقدير ذلك . تذكّر عبارة الممثّل الهزلي بيتر سلرز التهكّمية اثناء تقليده لأحد السياسيين . اذ قال عنه انه ، « لا يعتبر الظروف الراهنة محتملة الوقوع » .

مقياس الكون

كل شيء حولنا ـ بالحقيقة كل ما هو مادي ـ مكوّن من اجزاء صغيرة جدا لا تحصى . تسمى ذرّات · وما الأرض الا ذرّة صغيرة بالنسبة لضخامة الكون (١) · لكن ما هو حجم هذه الأجزاء ؟ وما كبر الذرة ؟

وما سعة الكون ؟ يعتقد اليوم ان حجم الكون يساوي $١٠^{٦١}$ ضعف حجم الذرة الواحدة · لكن هذا لا يعطي فكرة عن الحجم المطلق لكليهما · لتحديد حجم الذرات والمجرّات والكون (كما تحدد قياسات منضدة او حديقة) يستعمل العلماء مجموعة من الوحدات · ان فهم هذه الوحدات جوهري لفهم صحيح للعلم الحديث ولمساعدة المخيّلة على استيعاب المدى (٦) الفاصل بين ضخامة

١



(١) ـ اصبح النظام الشمسي في متناول الانسان بواسطة الصواريخ الفضائية التي تصل الى الكواكب · الا ان المجرّات تمتد بعده بدون نهاية ويبلغ بعد اقربها الينا ملياري مليار من الكيلومترات ·

٢



(٢) ـ اكبر شيء صنعه الانسان هو جدار الصين الكبير · طوله يزيد على ٢٤٠٠ كلم اي حوالى ٥ ٪ من دائرة الأرض · وتمكن رؤيته من مسافات بعيدة من الفضاء ·

(٣) ـ اكتسبت الأرض ، كجسم عائم في الفضاء ، معنى حقيقيا جديدا ، منذ ان غادرها الانسان ونظر اليها من بعيد · فللمرة الاولى رآها بأم العين ، لا تعدو كونها جسما سماويا صغيرا جدا في الفضاء اللامحدود · اما فكرة وجود اشكال اخرى من الحياة على كواكب اخرى ، فلم تعد اليوم مستبعدة · بالعكس تذهب التقديرات الحالية الى القول بامكان وجود ملايين عدة من السيارات المأهولة ·

الكون وصغر الذرة ·

وحدات القياس

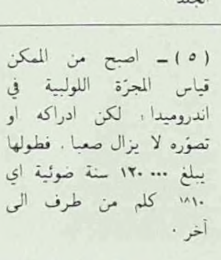
يمكن قياس الاشياء الصغيرة بالمليمترات ، والمسافات البعيدة بالكيلومترات · من الصعب تصوَر عدد المليمترات في الكيلومتر ؛ لكن ١٠ مم = ١ سم و ١٠٠ سم = ١ م و ١٠٠٠ م = ١ كلم ؛ أو باستعمال قدرات ١٠ : $١٠^{١}$ مم = ١ سم و $١٠^{٢}$ سم = ١ م و $١٠^{٣}$ م = ١ كلم . اذن مليون مم أو $١٠^{٦}$ = ١ كلم · للدلالة على اشياء اصغر نستعمل دليلاً سالباً : $١٠^{-١}$سم (عشر السنتمتر) = ١ مم ·

ينظر اليوم الى الذرة كحيِّز فارغ تقريباً مع بعض جسيمات صغيرة تحت ذرَية قريبة من مركزها تحيط بها بعض الالكترونات · يمكن تقريباً تصوَر الجسيم تحت الذرَي (٧) ككرة قطرها $١٠^{-١٣}$سم . اذا وضع عدد $١٠^{١٣}$ منها على خط ، الواحد تلو الآخر . فقد

٣

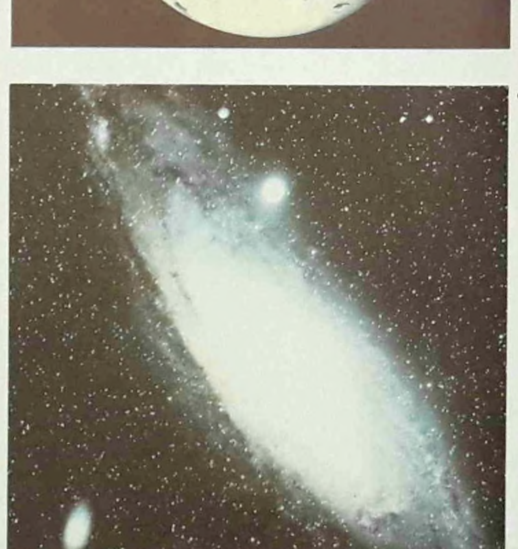


٤



(٤) ـ الشكل الفريد لبصمات الاصبع يعطي مثلا عن ضخامة عدد الخلايا التي تتكوَن منها اصغر اجزاء المادة الحية التي تراها العين المجردة · فهنالك حوالى عشرة ملايين خلية في كل $سم^{٢}$ من الجلد ·

٥

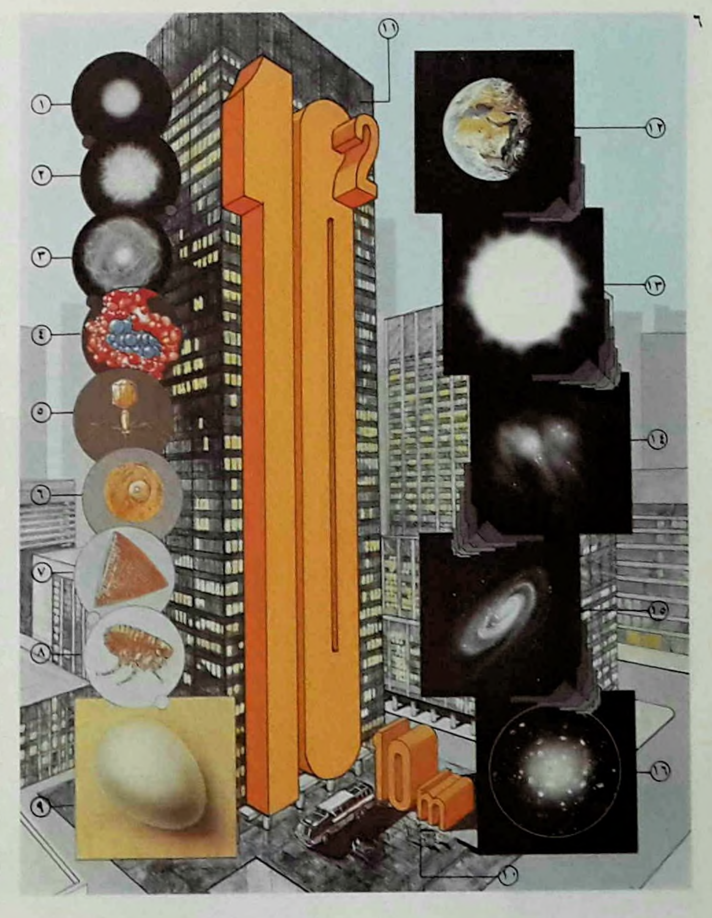


(٥) ـ اصبح من الممكن قياس المجرّة اللولبية في اندروميدا ؛ لكن ادراكه او تصوَره لا يزال صعبا . فطولها يبلغ ١٢٠٠٠٠ سنة ضوئية اي $١٠^{١٨}$ كلم من طرف الى آخر ·

تغطي مسافة سنتمتر واحد · نواة الذرة مكوّنة من هذه الجسيمات (بروتونات ونيوترونات) ويقرب قطرها من 10^{-12} سم · الجسم التالي من حيث الكبر هو الذرة نفسها · قام الرائدون في دراسة البلّوريات بأشعة اكس بقياس قطر الذرة بوحدات الانغستروم (١ انغستروم = 10^{-8} سم) . فوجدوا ان الذرة تكبر البروتون ١٠٠ ٠٠٠ مرة تقريباً · يمكن ضم الذرات لتكوين الجزيئات التي يجب بدورها أن تنضم لتكوين أي حجم ·

المسافات : من الانسان الى النجوم

يبلغ اكثر الناس طولا حوالى المترين . وقطر الأرض يزيد عن ١٢٠٠٠ كلم . ويربو قطر الشمس على مليون كيلومتر . والقمر . اقرب الاجرام السماوية الى الارض . يبعد عنها حوالى ٣٨٤٠٠٠ كلم · منذ وطأ الانسان سطح القمر ونظر خلفه الى الأرض (٣) .



(٦) ـ ان النسبة . ضمن الكون المعروف اليوم . بين ابعاد الجسيمات الصغرى المكوّنة للذرة واكبر المسافات التي يصل اليها التلسكوب اللاسلكي . تساوي ١ الى 10^{40} تقريباً · الاشياء البادية هنا (في الرسم) والتي تظهر فيه كأنها تشغل هذا المدى المتدرّج المذهل هي . بروتون (١) . نواة (٢) . ذرة (٣) . جزيء جبار (٤) . فيروس (٥) . خلية صغيرة (متموّرة) (٦) . خلية كبيرة (دياتوم) (٧) . برغوث (٨) . بيضة دجاج (٩) . رجل (١٠) طوله متران واحدى بناياته (١١) . الارض (١٢) . نجم جبار (١٣) . سديم (او غيمة فضائية من الغاز) (١٤) . مجرّتنا (١٥) وحدود الكون الممكن رصده نظريا (١٦) · طول الرمز ١٠ م . اي خمسة اضعاف طول الانسان · طول ناطحة السحاب (١١) يزيد على 10^{2} = ١٠٠ م . بحيث انه يكفي ليجعل الانسان والبوس يبدوان قزمين بالنسبة اليها ·

انقلبت هذه المسافة العددية الى حقيقة حسيّة ملموسة ·

تبعد الشمس عن الأرض حوالى ١٫٥ × $١٠^{٨}$ كلم (١٥٠ مليون) . بينما يبعد بلوتو عن الأرض ٦ × $١٠^{٩}$ كلم · من هنا وصاعدا تبدأ هذه الارقام تصبح صعبة التصوّر . فكيف بارقام اكبر ! اليس النظام الشمسي (١) بكامله . اي الشمس والكواكب وبعض الاجرام الاخرى الصغرى سوى مجرد ذرة واحدة في الفضاء ؟ فلا بد اذن من وحدة مسافات جديدة للكلام عن الترتيب الهندسي للنجوم · هذه الوحدة هي السنة الضوئية . وتساوي المسافة التي يقطعها الضوء بمدة سنة · سرعة الضوء هي ٣ × $١٠^{٨}$ (٣٠٠ ٠٠٠) كلم في الثانية . وهو يقطع مسافة $١٠^{١٣}$ كلم تقريبا في السنة · ان اقرب نجم الى الشمس يبعد عنها ما يزيد على اربع سنوات ضوئية ·

نحو اللانهاية

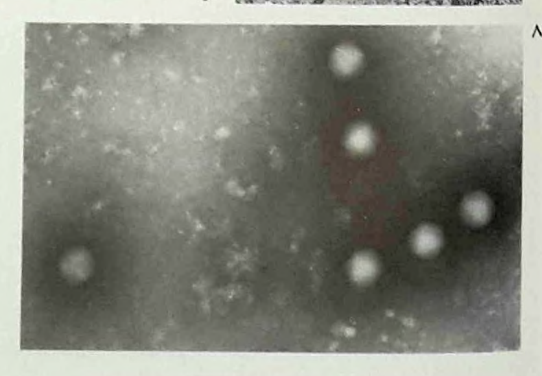
تتجمع النجوم . رغم المسافات الكبيرة بينها . في مجموعات تدعى مجرّات او سدم · اعداد تلك النجوم ضخمة الى درجة انها تبدو للناظر اليها بواسطة التلسكوب كغيوم كبيرة بيضاء · مجرّتنا وحدها (وتدعى باب التبانة) تحتوي على ما يزيد على $١٠^{١١}$ نجمة ؛ وسماكة مجرتنا في وسطها تقرب من $١٠^{٤}$ سنة ضوئية . بينما يبلغ طولها من جانب الى آخر $١٠^{٥}$ سنة ضوئية · لقد تم حتى الآن رصد اكبر جسم معروف في الكون . وهو مجرة تعرف بالرمز ٣C ٢٣٦ . بواسطة التلسكوب الرادوي · هذه المجرة غريبة الشكل . تنبعث الموجات الاشعاعية الرئيسية منها فقط من انتفاخين على طرفيها . وطولها حوالى ٢ × $١٠^{٧}$ (٢٠ مليون) سنة ضوئية من طرف الى آخر · ان اقرب مجرة كبيرة لمجرّتنا تبعد عنا مسافة ٢ × $١٠^{٦}$ سنة ضوئية تقريبا · نسبة المسافات في الكون . من نواة الذرة الى ابعد الاشياء عنا . تصل الى حوالى $١٠^{٤٠}$ · لكن ماذا هناك خارج حدود علم الفلك الحالي ؟ هل يمتد الكون الى اللانهاية ؟ ام انه قد يكون مقوّسا بطريقة غريبة . فيكون قريبا منا السديم الذي يبدو الأبعد عنا ؟

(٧) – الجسيمات بعيدة عن متناول خبرتنا لدرجة ان التعرف عليها ومراقبتها يتطلّبان الاستعانة بأساليب غير مباشرة . منها الغرفة الغيمية التي اخترعها تشارلز ولسن في العشرينات من هذا القرن وطوّرها باتريك بلاكيت · تعتمد على تكثّف بخار الماء على الايونات التي تتركها الجسيمات وراءها بعد مرورها . فيمكن عندئذ رؤية مسارها والتعرف الى هويتها · ويمكن ايضا رؤية مسار الجسيمات بواسطة حجرة فقاعات او شرارات او بواسطة لوحات فوتوغرافية خاصة ·

(٨) – الفيروسات صغيرة لا تمكن رؤيتها بالمجهر العادي . لكن ذلك ممكن بالمجهر الإلكتروني · هي ليست حية . لكنها تؤثر في خصائص الخلايا الحية ·

٧

٨

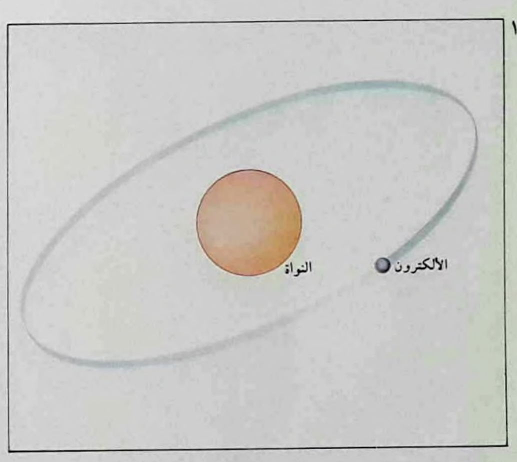


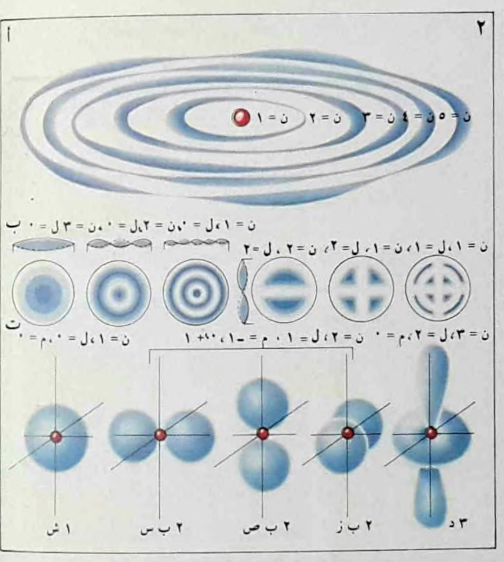
ماهي الـذرَّة ؟

اول من قال بأن المادة قد تكون مؤلفة من جسيمات منفصلة هو على الأرجح لوكيبوس الميليتي (٩) . وذلك في القرن الخامس ق م . ثم جاء تلميذه ديموقريطس فطوّر هذه الفكرة وتبنّى كلمة ذرة (اتوموس اي الجزء الذي لا يتجزأ) . في بداية القرن التاسع عشر ، قام جون دالتون (١٧٦٦ - ١٨٤٤) باحياء مصطلح الذرة ، مقيما اياه على اساس علمي . فالذرة ، في نظر دالتون ، جسيم صغير جدا لا يتجزأ ، وهي الوحدة الأساسية للمادة التي تشارك في التفاعلات الكيميائية .

الذرة والكهرباء

اهمل العلماء نظرة دالتون البسيطة الى





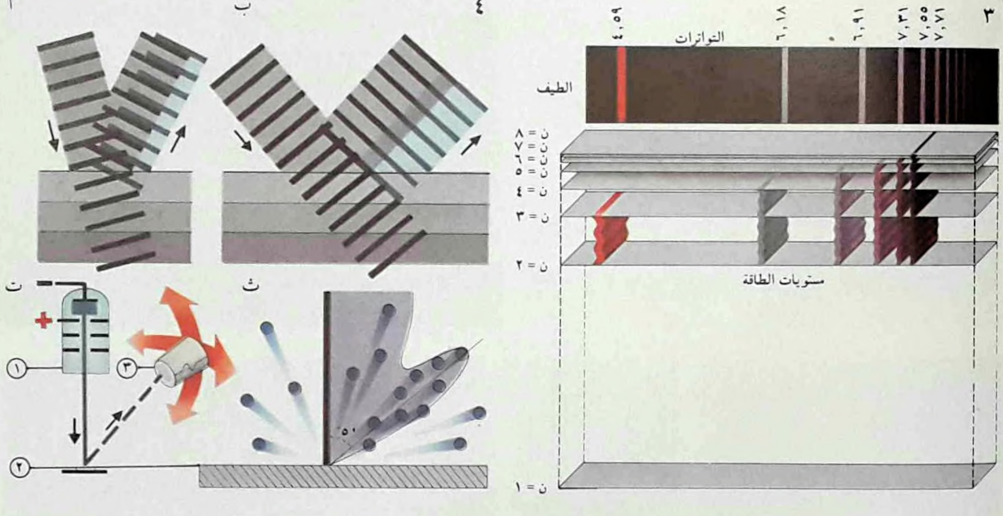
(١) - قام اروين شرودنغر بدور رئيسي في التطوير الرياضي للنموذج الحديث للذرة . فقد طوّر الميكانيكا المتموّجة انطلاقا من فكرة دي بروغلي عن ثنائية الموجة الجسيم . بقي التمثيل التصويري لنموذج الذرة الذي جاء به نيلز بور جزءا راسخا من الفيزياء العصرية ، مع ان آراءه قد تخطّتها كثيرا مبادىء الميكانيكا الكميّة . يمثّل هذا الرسم ذرة هيدروجين كما رآها بور .

(٢) - يمكن تصوّر (أ) المسارات الممكنة للإلكترون حول النواة كدوائر يتوافق عددها مع عدد صحيح من الموجات يمثّلها العدد الكمّي الرئيسي (ن) . للمقارنة يمكن وصف جسم ذي بعدين (جلد طبلة يهتز) بواسطة عددين كمّيين ، (ن ، ل) (ب) ، ووصف شكل الذرة الحقيقية (ت) بواسطة ثلاثة اعداد ، (ن ، ل ، م) .

(٣) - يمكن ملاحظة خطوط الطيف في الضوء المنبعث من عناصر متوهجة . هذه الخطوط هي خطوط بثّ ناجمة عن بثّ الذرات للضوء . كانت احدى البراهين على صحة نظرية بور صلاحها لتفسير طول موجات خطوط طيف الهيدروجين استنادا الى مختلف مستويات الطاقة التي تقفز الإلكترونات منها او اليها .

(٤) - عندما تنعكس موجات من سطوح متوازية تكون لها اطوار مختلفة (أ) او متطابقة (ب) . ينصبّ تيار الإلكترونات (ت) من مدفع خاص (١) على معدن النيكل فينعكس منه (٢) ويصل الى مكشاف (٣) . يمكن رسم زوايا الإنعكاس بيانيا (ث) .

الذرة سنة ١٨٩٧ ، عندما اكتشف تومسون (١٨٥٦ ـ ١٩٤٠) انه بامكان الذرات بثّ جسيمات اصغر منها تحمل كهرباء سالبة (سميت فيما بعد إلكترونات) (٦) ، مما يدل على ان للذرة تركيبا داخليا · دل اكتشاف تومسون كذلك على ان الذرة تحتوي ايضا على كهرباء موجبة · فقد تصور تومسون الذرة بشكل قطعة حلوى كروية مكهربة ايجابيا تتخللها الإلكترونات كحبات الزبيب · لكن هذا النموذج اخفق في تفسير بعض خصائص الذرة ، فاستعيض عنه بآخر اعتمد على اكتشاف انطوان بيكيريل (١٨٥٢ ـ ١٩٠٨) للنشاط الاشعاعي · فقد لوحظ ان بعض الذرات الثقيلة تبثّ اشعاعا بطريقة تلقائية · من المعلوم اليوم ان هذه الاشعاعات على ثلاثة انواع : اشعة بيتا (وهي إلكترونات مشحونة سلبا) وأشعة ألفا (وهي نوى هيليوم مشحونة ايجابا ؛



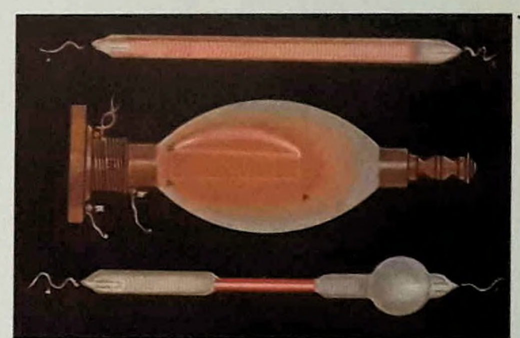


(٥) ـ يرى العلم الحديث ان للمادة كيانا مزدوجا ، تموّجيا وجسيميًا معا · يمكن رؤية الموجات على سطح البحر وعندما تقع حصاة في خزان ماء · كما ان الصوت والموجات الكهرطيسية ، كالضوء واشعة اكس ، تنتشر كموجات · النظرية التموجية للجسيمات الذرية اذت الى تحسّن في فهمنا للذرات وللنوى ·

بروتونات ونيوترونات) واشعة غمّا (اشعة سينية ذات موجة قصيرة) ٠

نموذج رذرفورد

في سنة ١٩١١ اعطى ارنست رذرفورد (١٨٧١ - ١٩٣٧) نموذجا جديدا للذرة يستند الى نتائج اختباراته واختبارات هانس غايغر (١٨٨٢ - ١٩٤٥) ومعاونيه ٠ رأى رذرفورد ان كهرباء الذرة الموجبة ومعظم كتلتها تتجمّع في نواة مركزية تدور حولها الإلكترونات ٠ واكتشف رذرفورد فيما بعد ان كهرباء النواة الموجبة تحملها جسيمات سمّاها بروتونات ، يساوي ثقل الواحد منها ١٨٤٦ ضعف ثقل الإلكترون ، وان شحنتي الإلكترون والبروتون متضادتان ، لكنهما متساويتان في المقدار ٠ فذرة الهيدروجين مثلا تتكوّن من بروتون واحد شحنته موجبة (النواة) وإلكترون واحد يدور حوله وشحنته سالبة



(٦) ـ كانت انابيب غايسلر ، وهي لعب للكبار في العهد الفيكتوري ، تستخدم اشعة إلكترونية في بيئة قريبة من الفراغ التام ، وذلك قبل ان تعرف طبيعة الأشعة المهبطية بزمن بعيد ٠ كان الفيزيائي البريطاني تومسون اهم من قام بدراسة هذه الاشعة ، وكانت لدراسته اهمية اساسية في توضيح بنية الذرة وخاصة في تحديد كتلة الإلكترون وشحنته ٠



(٧) ـ كان اصحاب الأفكار الجديدة في حقل الفيزياء الذرية يلتقون في سلسلة مؤتمرات ٠ في الصورة مشهد من مؤتمر عقد في بروكسل سنة ١٩١١ وحضره بور ورذرفورد وبلانك وكوري وغيرهم ٠

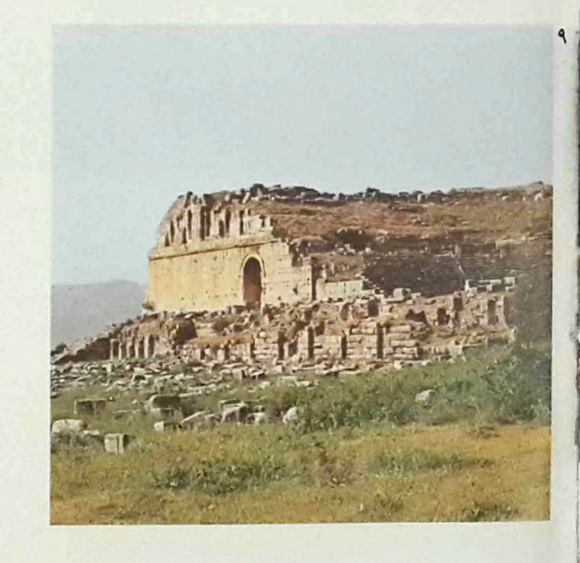


(١) · تحوي الذرات الثقيلة عددا من البروتونات في نواتها اكثر مما تحوي الذرات الخفيفة ؛ وهذا العدد (العدد الذري) يوازيه عدد الإلكترونات الدائرة حول النواة · اكتشف فيما بعد ان نوى جميع الذرات (باستثناء ذرة الهيدروجين) تحوي جسيما من نوع جديد لا يحمل شحنة كهربائية (ولذلك سمّي نيوترون اي المحايد) وتساوي كتلته كتلة البروتون تقريبا ·

(٨) ــ قال ماكس بلانك سنة ١٩٠٠ ان بثّ الضوء وامتصاصه يتمّان برزم او « كمّات » طاقاتها متناسبة مع تردّد الضوء · هذا ما يعرف بالنظرية الكميّة ·

(٩) ــ كانت مدينة ميليتوس اول مركز معروف للفلسفة الطبيعية · ولد فيها طاليس (٦٣٠ ق · م ·) وكان عضوا في المدرسة الايونية . وهي اول مدرسة معروفة للفلسفة اليونانية · اكتشف طاليس الخصائص الكهربائية للعنبر · عاش فيها ايضا انكسيمندر . وكذلك لوكيبوس (٤٠٠ ق · م ·) الذي نسب اليه ارسطو النظرية الذرية . تلك النظرية التي كان لها تأثير اساسي في تطوير الفكر العلمي عند الغربيين ·

٩

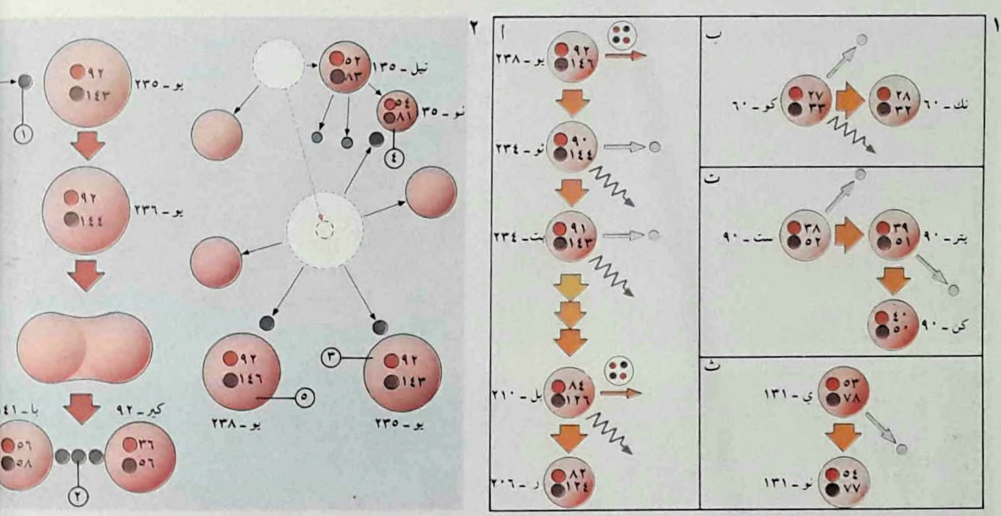


نظرية الكمّ والمطيافية

اعتمد الفيزيائي الدنماركي نيلز بور (١٨٨٥ ـ ١٩٦٢) على ميدانين آخرين من ميادين البحث لاعطاء نموذج جديد ومهم للذرة (١) هما النظرية الكمية والنظرية المطيافية · كان ماكس بلانك (١٨٥٨ ـ ١٩٤٧) قد اقترح سنة ١٩٠٠ نظرية « الكمّ » لتفسير بثّ الجسم الحار للحرارة (والضوء) · فقد اكتشف ان بثّ الطاقة وامتصاصها لا يتمّان الا بمقادير متقطّعة . اي برزم منفصلة سمّاها الكمّات · اما المطيافية . فقد نشأت عندما لاحظ اسحق نيوتن (١٦٤٢ ـ ١٧٢٧) ان شعاعا من ضوء الشمس يتحوّل عند مروره بموشور زجاجي الى مجموعة من الأضواء تؤلّف الطيف المرئي · ثم اكتشف جوزيف فون فراونهوفر (١٧٨٧ ـ ١٨٢٦) ان طيف ضوء الشمس يحتوي على عدد من الخيوط المظلمة . تبيّن فيما بعد ان مواقعها تتطابق مع مواقع الخطوط الملوّنة التي تظهر في طيف التفريغ الكهربائي في غاز الهيدروجين (٣) · وضع بور كمسلّمات ان الإلكترونات في ذرة الهيدروجين تدور فقط على مدارات ثابتة (٢ أ) . وان خطوط الطيف تتوافق مع امتصاص كمّ من الطاقة (بالنسبة للخطوط المظلمة) او مع بثّه (الخطوط الملوّنة) عندما يقفز الإلكترون من مدار ثابت الى آخر · اما اليوم . فقد رفضت التطوّرات الحديثة للنظرية الكمية فكرة ثبات مدارات الإلكترون . واخذت تتحدث فقط عن ارجحية وجوده في مكان معيّن في زمن معيّن · جاءت هذه الطريقة في فهم الذرة . المعروفة بالميكانيكا الكمية . كنتيجة لأبحاث قام بها فرنر هيزنبرج واروين شرودنغر ·

الفيزياء النووية

قامت الطاقة النووية بدور حاسم في تحديد معالم العالم الحديث . فشبح الاسلحة النووية لا يلازم الحكام وحسب . بل ينشر ظلّه المخيف على كل انسان حي (٩) . وبينما يسحر سراب القدرة النووية اللامحدودة حضارتنا التوّاقة الى الطاقة . فالنفايات الاشعاعية التي تخلّفها وراءها تهدّد بتلوّث دائم للعالم . الواقع ان الحياة ارتبطت دائما بالطاقة النووية . فالانصهار النووي هو ما يعطي الشمس حرارتها (٥) ، والنشاط الاشعاعي في الارض (٣) هو ما يسخّن جوفها السائل ويسهم في حركية الصحائف القارية . تنجم الطاقة النووية عن انقسام نواة الذرة ، وهذا ما يسمى بالانشطار ، او عن



(١) ـ من الممكن ان يحدث تغيير في بنية نواة الذرة . في بروتوناتها (بالاحمر على الرسم) ونيوتروناتها (بالبنّي) . فينجم عن ذلك انطلاق اشعة خاصة ، اشعة غمّا (اشعاع كهرطيسي . بالبنفجي) واشعة بيتا او الكترونات (بالرمادي) وجسيمات ألفا (ايونات هيليوم . بالبرتقالي) . ينحلّ يو ٢٣٨ (أ) المشعّ طبيعيا ليعطي عنصر الرصاص . يظهر انحلال الكوبالت ٦٠ في (ب) . والسترونتيوم ٩٠ في (ت) . واليود ١٣١ في (ث) .

(٢) ـ عندما يصطدم يورانيوم ٢٣٥ بنيوترون بطيء (١) . قد ينقسم على مراحل . فيطلق طاقة كما يطلق نيوترونات اضافية (٢) . قد يصدم احد هذه النيوترونات مزيدا من نوى اليو ٢٣٥ (٣) فيؤدي ذلك الى تفاعل متسلسل . او قد تمتصّه ذرات اخرى (٤) او اليورانيوم ٢٣٨ (٥) .

(٣) ـ تتولد الطاقة البركانية جزئيا عن النشاط الاشعاعي المتولد طبيعيا في الصخور . هذه الطاقة قوية لدرجة ان الانحلال البطيء للذرّات المشعّة في باطن الارض يساهم في جعل الحرارة فيه كافية لابقاء المواد في جوف الارض في حالة ذوبان مستمر . هكذا يساعد النشاط الاشعاعي الطبيعي بصورة غير مباشرة على احداث التفجرات البركانية .

(٤) ـ لا تزال الغيوم المخيفة التي تثيرها الانفجارات الذرية تقضّ مضاجع البشر . مع ان بعض المعاهدات الدولية قد

الانصهار اي عن دمج زوجين من النوى الخفيفة.

النشاط الاشعاعي: اكتشافه ومصدره

اكتشف انطوان بيكيريل (١٨٥٢ - ١٩٠٨) النشاط الاشعاعي. فبعد التوصّل الى عزل الراديوم، اصبح واضحا ان كميات ضخمة من الطاقة تدخل في عملية الاشعاع. فانحلال الراديوم يستغرق عشرات السنين وتحوي كتلة منه طاقة تساوي ٢×١٠^{٥} اضعاف الطاقة الموجودة في كتلة مماثلة من الفحم الحجري. تتكوّن النواة، التي لا يتعدّى قطرها بضعة اضعاف الكمية $١٠^{-١٢}$ سم، من بروتونات (جسيمات مشحونة ايجابا) ونيوترونات (جسيمات محايدة تساوي كتلتها تقريبا كتلة البروتون). الهيدروجين هو الوحيد الذي تحتوي نواته على بروتون واحد (ولا تحتوي على

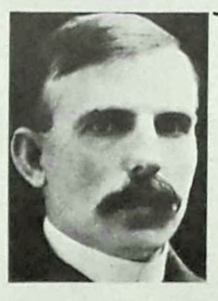


(٥) ـ تنجم طاقة الشمس عن الانصهار النووي الذي يتطلب حرارة بمنزلة مئات الملايين من الدرجات المئوية. توفرت شروط الانصهار. وحرارته. على الارض في القنابل فقط. لا يزال التحكم بالانصهار النووي لتوليد الطاقة حلما من الاحلام.





وضعت حدا لانتشار الأسلحة النووية فأن عدد الدول التي اصبحت الأسلحة النووية في متناول يدها يزداد يوما بعد يوم.



(٦) ـ ارنست رذرفورد فيزيائي نيوزيلاندي عمل في البدء في جامعة كمبردج سنة ١٩٠٣. ثم وضع النظرية النووية للذرة سنة ١٩١١. وحقق بعدها اول انقسام للذرة عندما ولّد نيوترونات من ذرّات النيتروجين.

نيوترونات) . معظم العناصر هي خليط من النظائر ، التي تختلف نواها من حيث عدد نيوتروناتها .

حقق ارنست رذرفورد (١٨٧١ - ١٩٣٧) (٤) سنة ١٩١٩ اول تحويل اصطناعي لنواة الى اخرى : فقد جعل جسيما من اشعة ألفا (وهو نواة الهيليوم) ينصهر مؤقتا مع نواة النيتروجين . ثم ينشطر المركب الى نظير من الاكسجين (أ^{١٧}) وبروتون : (هـ^{٤} + ن^{١٤} ← أ^{١٧} + يد^{١}) . عندما اصبحت مقاييس اطياف الكتل (٧) (وهي آلات لقياس كتل الايونات وبالتالي النوى) اكثر دقة ، تبيّن ان كتل النوى لمختلف النظائر لا تساوي مجموع كتل البروتونات والنيوترونات المكوّنة لها ، وان هذا الفرق هو ، حسب صيغة اينشتاين النسبية لقيمة الطاقة ، مصدر الطاقة النووية .

٧



(٧) - المفاعلات النووية هي محطات المستقبل لتوليد الطاقة ، ومحطات الحاضر الى حد ما . لكن المشكلات الهائلة التي تثيرها ، وبنوع خاص مشكلة النفايات الاشعاعية ، لم يتم بعد حلّها بطريقة مريحة . في هذه الصورة يظهر المهندسون وهم يقومون بصفّ القضبان التي تكوّن قلب المفاعل الذري . تستعمل القضبان للتحكّم بسرعة التفاعل .

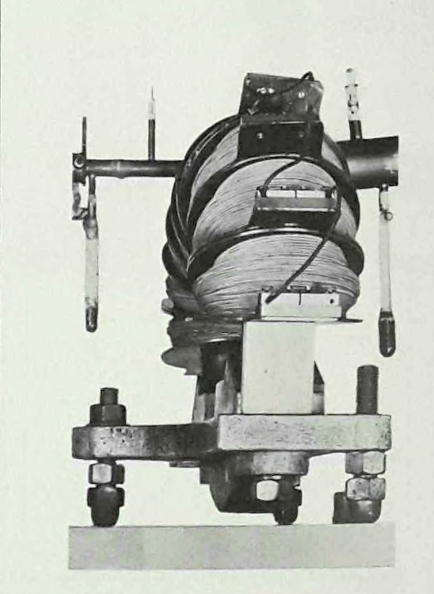
٨

(٨) - ماري كوري (١٨٦٧ - ١٩٣٤) وزوجها بيير كوري (١٨٥٩ - ١٩٠٦) اشهر زوجين في تاريخ العلوم . وجدا ، اثناء استقصاءاتهما حول الاشعاعات المنبعثة من اليورانيوم ، مستوى عاليا من الاشعاع لا يمكن تفسيره . بعد جهد كبير ، توصلا الى معرفة مصدر هذا الاشعاع والى عزله ، فتحققا انه ناجم عن عنصرين مشعّين هما الراديوم والبولونيوم .



توليد الطاقة النووية

يتطلّب توليد الطاقة النووية بكميّات كبيرة بواسطة الانشطار تفاعلا متسلسلا . تحققت هذه العملية للمرة الاولى بانشطار اليورانيوم (٦) . فاذا امتص نظير اليورانيوم ــ٢٣٥ نيوترونا ، ينشطر فورا الى جزئين رئيسيين ونيوترونين او ثلاثة . واذا سبّب عموما نيوترون ناجم عن كل انشطار انشطارا ثانيا ، تنتشر العملية متسارعة وتتخذ شكل انفجار متسلسل . اذا اريد توليد الكهرباء ، لا بد من ابطاء التفاعل وضبطه ومن ازالة الحرارة الناجمة عنه . المفاعل الذرّي المولّد للكهرباء هو ليس سوى مجرد فرن من نوع خاص . يزداد احتمال حدوث الانشطار في **يو-٢٣٥** عندما يكون النيوترون بطيئا نسبيا ، اي عندما تكون سرعته حوالى **٢ كلم / ث** . لذلك تضاف مواد خاصة تسمّى المهدّئات الى المفاعل الذري للتخفيف من سرعة النيوترونات . الكميّة الدنيا التي تمكّن من استمرار التفاعل تسمّى « الكتلة الحرجة » . في المفاعل الذري يجب ابقاء تدفّق النيوترونات متوازنا وثابتا . وللتحكّم بالمفاعل تستعمل قضبان من مادة ماصّة للنيوترونات يمكن تحريكها الى اسفل او الى اعلى .



٩

(٩) ـ بيّن المطياف الكتلي لفرنسيس استون (١٨٧٧ - ١٩٤٥) ان العناصر مكوّنة من نظائر مختلفة ، كتلة كل منها تساوي تقريبا مضاعفا كاملا لكتلة البروتون . اعطت المطائف التي جاءت بعده قياسات دقيقة للكتل النووية ، وهي تستعمل اليوم للتفريق بين النظائر .

المفاعلات السريعة وتركيبها

ان دعائم المفاعلات الذرية مصنوعة من مواد تمتصّ اقل عدد ممكن من النيوترونات . في المفاعلات السريعة كمية المواد القابلة للانشطار صغيرة ، والمواد الماصة للنيوترونات قليلة ، وليس من مهدّئات للنيوترونات ، ولا يهدر من هذه الا القليل . في اليورانيوم الطبيعي نسبة **٩٩,٣** ٪ من **يو ــ ٢٣٨** و ٠,٧ ٪ من **يو ــ ٢٣٥** . **يو ــ٢٣٥** قابل للانشطار تلقائيا ، لكن **يو ــ ٢٣٨** ليس كذلك ، الا انه بعد امتصاص نيوترون ، يصبح قابلا للإنحلال الاشعاعي ويتحول الى بلوتونيوم ــ**٢٣٩** قابل للإنشطار . القنابل الذرية والمفاعلات السريعة تتطلّب مواد قابلة للانشطار كليّا . لذلك يجب عزل اليو-**٢٣٥** (في مصانع انتشار جبارة) او تحويل اليو ــ**٢٣٨** الى بلو- **٢٣٩** وعزلهما كيميائيا .

ماوراء الذرّة

احدى الخصائص التي يتميز بها العلم هي السعي لتفسير مجموعة من الظاهرات المختلفة انطلاقاً من عدد قليل من المفاهيم الاساسية · نظرية جون دالتون (١٧٦٦ - ١٨٤٤) الذرية هي مثل بارز على ذلك ، اذ انها تعتبر ان مواد مختلفة عدة هي مكوّنة جميعها من بعض انواع الذرة ، وان الذرات هي مواد البناء الاساسية لكل ما هو مادي في العالم · في اواخر القرن التاسع عشر واوائل القرن العشرين ، تضافرت الدلائل على ان للذرات نفسها بنية داخلية · وبحلول عام ١٩٣٢ ، كان العلماء قد تحققوا من ان الذرات هي تجمّعات لجسيمات اصغر منها : البروتونات والنيوترونات (التي تؤلف معا

(١) - في مسارع الجسيمات ، يستخدم المبدأ القائل بأن المجال الكهربائي (أ) يسرّع الجسيمات المشحونة ايجاباً (بالأحمر) أو سلباً (بالأزرق) . أو يعطفها ليجعل مسارها متوازياً مع اتجاه المجال . بينما المجال المغنطيسي (ب) يحنيها باتجاه متعامد مع اتجاهه · لكن في مسارع نفق الانسياق (ت) فان سرعة اهتزاز المجال الكهربائي تزداد بمعدل ازدياد سرعة الجسيمات ·

يستعمل السنكروترون (ث) للجسيمات التي سُرّعت الى ما يقارب سرعة الضوء بواسطة مسارع خطي (١) · اذا زيدت قوة المجال المغنطيسي (٢) لموازنة ازدياد القوة المركزية الطاردة ، فانه يجعل اذ ذاك الجسيمات تدور في المجال المسرّع (٣) . وتمكن رؤيتها من خلال نافذة (٤) ·

٢

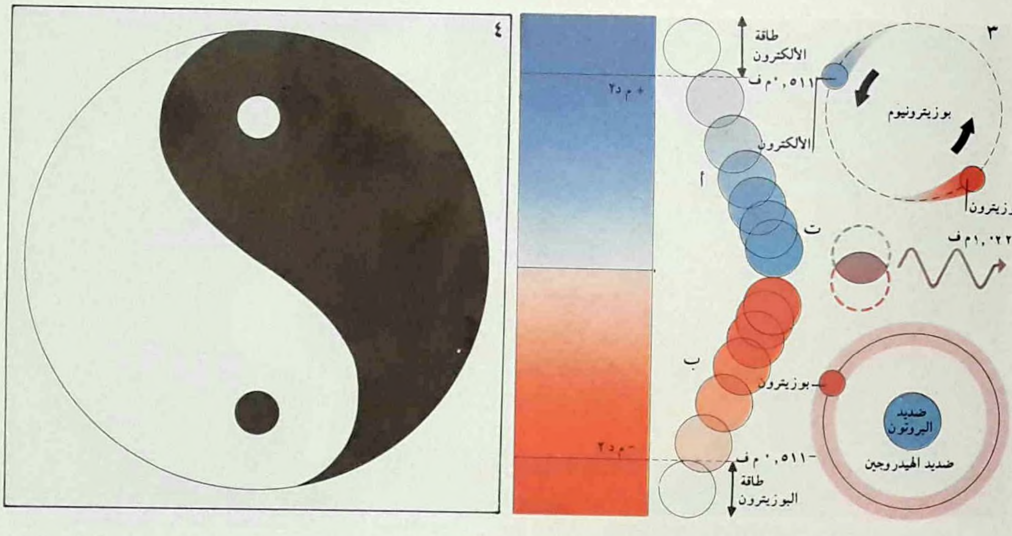
نوع الجزيء	رمز الكتلة	كتلة الالكترونات بالوحدات	الشحنة الكهربائية
الفوتون	γ	٠	٠
اللبتونات			
النيوترينو (الكترونيك)	ν	٠	٠
الأنتينوترينو (الكترونيك)	$\bar{\nu}$	٠	٠
النيوترينو (الميزونيك)	ν_{μ}	٠	٠
ضديد النيوترينو (الميزونيك)	$\bar{\nu}_{\mu}$	٠	٠
الالكترون	e^{-}	١	١-
البوزيترون	e^{+}	١	١+
الميون زائد	μ^{+}	٢٠٧	١+
الميون	μ^{-}	٢٠٧	١-
الميزونات			
بي زائد	π^{+}	٢٧٣	١+
بي ناقص	π^{-}	٢٧٣	١-
بي صفر	π^{0}	٢٦٤	٠
ك زائد	κ^{+}	٩٦٧	١+
ك ناقص	κ^{-}	٩٦٧	١-
ك صفر	κ^{0}	٩٧٤	٠
ضديد ك صفر	$\bar{\kappa}^{0}$	٩٧٤	٠
النوى			
البروتون	p^{+}	١ ٨٣٦	١+
ضديد البروتون	p^{-}	١ ٨٣٦	١-
النيوترون	n	١ ٨٣٩	٠
ضديد النيوترون	$\bar{n}$	١ ٨٣٩	٠
الهيبرونات			
لمدا صفر	Λ^{0}	٢ ١٨٣	٠
ضديد لمدا صفر	$\bar{\Lambda}^{0}$	٢ ١٨٣	٠
سيغما صفر	Σ^{0}	٢ ٣٣٢	٠
ضديد سيغما صفر	$\bar{\Sigma}^{0}$	٢ ٣٣٢	٠
سيغما ناقص	Σ^{-}	٢ ٣٢٨	١-
ضديد سيغما ناقص	$\bar{\Sigma}^{-}$	٢ ٣٤١	١+
سيغما زائد	Σ^{+}	٢ ٣٢٨	١+
ضديد سيغما زائد	$\bar{\Sigma}+$	٢ ٣٢٨	١-
كسي زائد	Ξ^{+}	٢ ٥٦٦	٠
ضديد كسي صفر	$\bar{\Xi}^{0}$	٢ ٥٨٠	٠
كسي ناقص	Ξ^{-}	٢ ٥٨٠	١-
ضديد كسي ناقص	$\bar{\Xi}^{-}$	٢ ٥٨٢	١+

(٢) - أصبحت الجسيمات الاساسية كثيرة العدد لدرجة ان كلمة « اساسية » اضحت غير ملائمة . خصوصاً ان كمية المعلومات اللازمة لوضع نظرية موحّدة لها لا تزال غير كافية · لكن قد يأتي يوم فنتوصل الى وضع تلك النظرية .

نواة صغيرة مشحونة ايجابا) مع إلكترونات تدور حولها وهي ذات شحنة سالبة .

التفاعلات بين الجسيمات

لا يكفي ، لاعطاء وصف كامل للمادة ، تعيين مقوّماتها ، بل من الضروري ايضاً وصف الطريقة التي تتماسك بها هذه المقوّمات ، اي لا بد من وصف الطريقة التي بها تتفاعل هذه فيما بينها . يمكن تمييز اربعة انواع من التفاعلات : اثنان منها معروفان تماماً ، اذ يظهران بسهولة في العناصر المادية العادية . فهناك التفاعل التجاذبي (٦) الذي يُحدِث بين الاجسام تجاذباً يتوقف على كتلها ، لكن تأثيره ضئيل جداً في تركيب بنية الذرّة ولا يقوم بأي دور في ترابط اجزائها ، لكنه مسؤول عن القوّة التي تتجاذب الاجرام السماوية ؛ اما التفاعل الكهرطيسي (٧) بين الجسيمات المشحونة



(٣) - تنبأ بول ديراك (١٩٠٢ -) بوجود جسيم تساوي كتلته كتلة الالكترون (أ) ، لكن طاقته موجبة . ثم جاء اكتشاف البوزيترون (ب) يحقق هذه النبوءة . فاذا التقى بوزيترون وإلكترون ، فأنهما يبيدان الواحد الآخر ، اذ ان كلا منهما يفقد اذ ذاك كتلته وطاقته المترابطتين (ت) . المعروف ان البوزيترونيوم (إلكترون وبوزيترون على مسار واحد) قد يعيش لفترة قصيرة . لما كنا نعرف ايضاً بوجود جسيمات مضادة أخرى ، فبامكاننا ان نتصور ذرات مضادة أيضاً ، كضديد الهيدروجين مثلاً ، في احد العوالم الأخرى .

(٤) - يخضع جوهر المادة لمبدأي التماثل والتكامل ، اللذين يلخصهما الرمزان الصينيان ين ويانغ ، وتعكسهما النظرية العصرية القائلة بثنائية الموجة والجسيم .



(٥) - وضع انريكو فيرمي (١٩٠١ - ١٩٥٤) نظرية انحلال اشعاع بيتا الضعيف انطلاقاً من مفهوم التفاعل . فأسهم بذلك الى حد كبير في اختراع أول حاشدة ذرية (مفاعل نووي) .

كهربائياً . فقوته تفوق بملايين الاضعاف التفاعل التجاذبي . وهي مسؤولة عن التجاذب بين نواة الذرة والكتروناتها المدارية . فضلاً عن ذلك . ثمّة تفاعلات مختلفة تماماً تحدث داخل النواة نفسها . هنا تتماسك البروتونات والنيوترونات بشدة رغم التنافر الكهرطيسي بينها . هذا « التفاعل الشديد » لا علاقة له بالشحنة ولا يتأثر بها . لأنه يعمل بين النيوترونات . كما يعمل بين البروتونات . وهو أقوى من التفاعل الكهرطيسي بحوالى ٧٠٠٠ ضعف .

النوع الرابع . المعروف « بالتفاعل الضعيف » . تساوي قوّته حوالى جزء من ألف من قوة التفاعل الكهرطيسي . وهو يظهر في بعض العمليات التي تحدث فيها تحولات لبعض الجسيمات كما في انحلال بيتا الاشعاعي .

٦



٧

٨



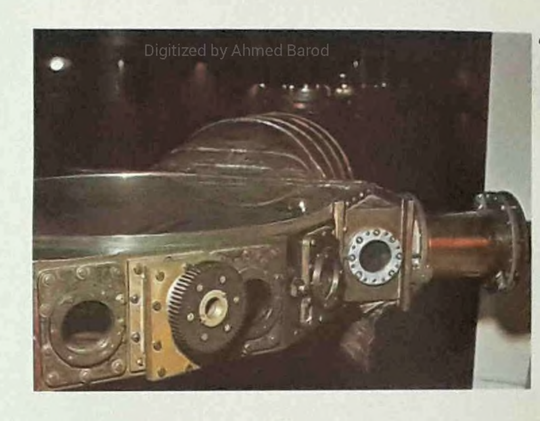
٩

(٦) - يشعر الرياضي رافع الاثقال بقوة الجاذبية الارضية بكل فوريتها وفعاليتها . قوة التجاذب كانت اول قوة تمّت دراستها كمياً . كما كانت الاولى التي حظيت مبادؤها النظرية بمناقشة مفصلة على يد اسحق نيوتن في كتابه « المبادىء » (١٦٨٧) .

(٧) - كانت الكهرطيسية (المستعملة في ناقوس كهربائي) . النوع الثاني من التفاعل الذي شعر الانسان بوجوده . لقد عرفت المغنطيسية والكهرباء الساكنة منذ زمن طويل . لكن تفسير هاتين القوتين معاً بنظرية موحدة لم يتحقق الا في القرن التاسع عشر ؛ وكان ذلك بفضل اعمال اورستد وفارادي ومكسويل .

مجالات القوة

تحدث الانواع الاربعة من التفاعلات في الفضاء الحر · تستعمل احدى النظريات لشرح هذا « التأثير من بعيد » ، فكرة مجال القوة ، القائلة ان الجسيم المشحون يؤثر في الفضاء المحيط به ، بحيث اذا وضع جسيم مشحون آخر في هذا الفضاء عينه ، فانه يتأثر بدوره بذلك التأثير · تسمّى منطقة التأثير هذه مجالاً كهرطيسياً ·



(٨) - تنبأ هيديكي يوكاوا (١٩٠٧ -) بوجود جسيم أعطي فيما بعد اسم الباي ميزون واعتبر كمّ القوة النووية الشديدة · اكتشفه فيما بعد سيسيل باول (١٩٠٣ - ١٩٦٩) من جامعة بريستول في صورة فوتوغرافية للأشعة الكونية ·

(٩) - اخترع البروفسور ارنست لورنس (١٩٠١ - ١٩٥٨) السيكلوترون الحلقيّ في جامعة كاليفورنيا عام ١٩٣٠ · طول حجرة الفراغ فيه لم تكن تتجاوز ٩,٨ سم · في هذه الحجرة ، كانت تسرّع الجسيمات المشحونة بمرورها بين لاحبين شكلهما نصف دائري وفلطيتهما مرتفعة التواتر · اما اليوم ، فالسارع العملاق ، الموجود في المركز الأوروبي للبحوث النووية في جنيف ، يبلغ قطره ٤,٨ كلم · كانت الجسيمات تسرّع في السيكلوترون حتى سرعات عالية لقذف النوى بقصد توليد جسيمات اخرى ·

هنالك نموذج تفسير مختلف يعتمد على الميكانيكا الكمية مستعيناً بفكرة تبادل جسيمات مفترضة · فكما يتفاعل جسيمان مشحونان ببثّ الفوتونات (جسيمات الضوء) وامتصاصها ، كذلك يفسَّر التفاعل التجاذبي بتبادل جسيمات مفترضة تسمّى غرافيتونات · في عام ١٩٣٥ رأى هيديكي يوكاوا (٨) ان التفاعلات القوية ، التي تبقي النواة متماسكة ، متأتّية عن تبادل جسيم وكتلة يتمّ بين الالكترون والبروتون · هذا الجسيم معروف الآن باسم باي ميزون (أو بيون) ·

جسيمات اساسية اخرى

حتى عام ١٩٣٢ ، كان يظن انه يمكن ، بثلاثة جسيمات فقط ، تفسير البنية الذرية · لكن منذ ذلك الحين ، تعقدت الأمور باكتشاف جسيمات عديدة اضافية بفضل دراسة الاشعة الكونية وتجارب استخدمت فيها مسارعات الجسيمات (١ ، ٩) · فقد تبين ان الاصطدامات المرتفعة الطاقة تؤدي الى توليد جسيمات جديدة عرف منها حتى الآن ما يربو على ٢٠٠ ، وأكثرها غير مستقرة (٢) ·

تصنف هذه الجسيمات تحت الذريّة العديدة في مجموعات : فالجسيمات التي تشترك في التفاعلات الشديدة تسمى هادرونات (ومنها النيوترون والبروتون والهيبرون والميزون) ، والجسيمات التي لا تشترك في التفاعلات الشديدة تسمّى لبتونات (ومنها الالكترون والنيوترينو) · لا تزال المشكلة الكبرى في فيزياء الطاقة المرتفعة صعوبة التوصل الى نظريّة موحّدة تفسر وجود هذه الكثرة من الجسيمات وتصرفاتها ·

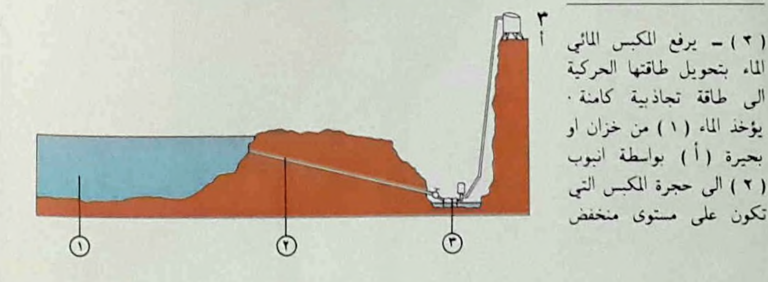
طبيعة الطاقة

الطاقة ضرورية للشغل . والشغل هو تحريك قوة لجسم من بعيد . فهناك اذن طاقة تستهلك . عندما تضرب كرة غولف ، او يُرفع ثقل . او يُضغط على نابض او تنفجر قنبلة وعندما تتدفق إلكترونات في سلك كهربائي . بالاضافة الى ذلك . فالطاقة ضرورية لرفع حرارة اية مادة ؛ كذلك تحتاج الكائنات الحية الى الطاقة للتحرك والنموّ . فالنبات الاخضر يأخذ طاقته من اشعة الشمس (٢) . ثم يستعملها بعملية التركيب الضوئي ؛ اما الحيوانات . فتستخدم طاقة الغذاء الكيميائية . وهي طاقة ما تأكله من النباتات والحيوانات الاخرى . من هذه الامثلة يتبين ان الطاقة تتجلى في اشكال عديدة .



(١) ـ تحوّل طاقة التفاعلات الكيميائية في الحاشدات الى طاقة كهربائية تستعمل في مجالات عدة . تتوقف الحاشدات عن العمل عندما ينخفض نشاطها الكيميائي . يمكن اعادة شحن المركم (خلايا الحاشدة الثانوية) بالكهرباء . فتتحول الى طاقة كيميائية مختزنة .

(٢) ـ الشمس هي مصدر الطاقة الاساسي لكل حياة على الارض . في هذه الصورة تعود الشمس الى الظهور من وراء القمر بعد انكسافها .



(٣) ـ يرفع المكبس المائي الماء بتحويل طاقتها الحركية الى طاقة تجاذبية كامنة . يؤخذ الماء (١) من خزان او بحيرة (أ) بواسطة انبوب (٢) الى حجرة المكبس التي تكون على مستوى منخفض لتأمين الطاقة الحركية المناسبة للماء عند وصولها الى الحجرة (٣) . عندما تمتلىء هذه (ب) يفلت الماء بسرعة من خلال صمّام نابض (٤) يغلقه الماء، بعد ان يمر به . ثم ينتقل الماء . حول صمام ذي اتجاه واحد (٥) . الى

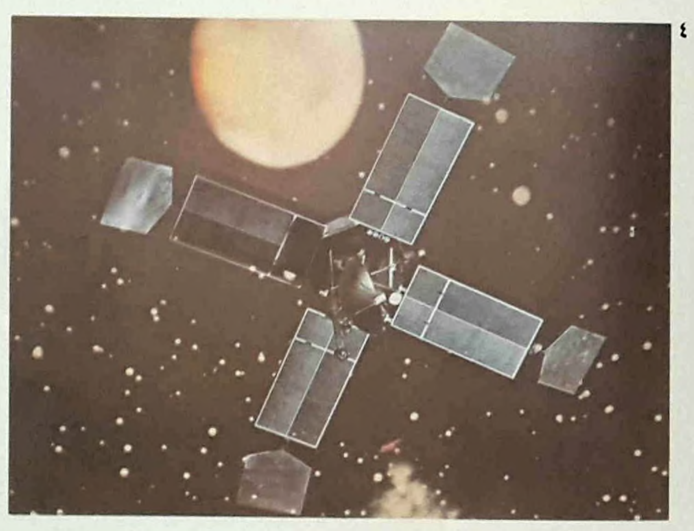
لكنها لا تظهر للعلماء الا بطريقتين فقط : فهي اما طاقة كامنة او مختزنة (لها القدرة على القيام بالشغل) ، او طاقة حركية (تقوم فعلا بشغل في الجسم المتحرك) .

جوهر الطاقة الكامنة

يمكن اعتبار الطاقة الكامنة طاقة مختزنة . فالطاقة الكامنة في المأكولات وفي المحروقات كالفحم والزيت ، مثلا ، هي الطاقة الكيميائية المختزنة في هذه المواد . والطاقة الكامنة في مياه سد تعادل الطاقة التجاذبية المختزنة في الارض : فالارض تسعى الى شد كتلة المياه العالية الى تحت بقوة تتناسب مع كتلتها . وهذه هي قوة الجاذبية .

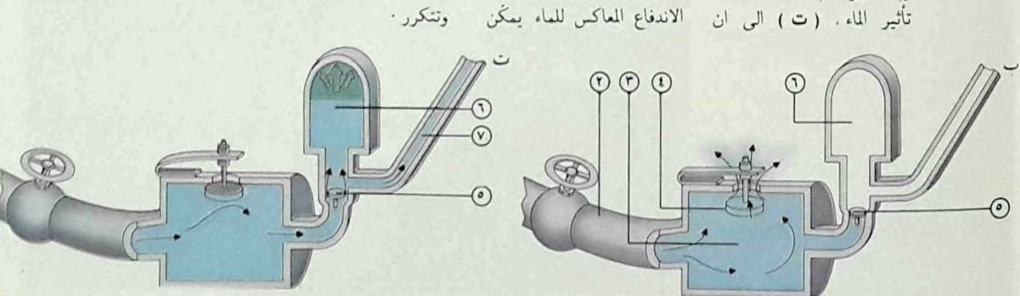
ما هي الطاقة الداخلية ؟

يدعى مجموع ما يحويه نظام ما من طاقة طاقته الداخلية . لا يمكن قياس هذه



(٤) ـ تحوّل الحاشدات الشمسية ، التي زوّد بها هذا القمر الاصطناعي ، الطاقة المشعّة من الشمس مباشرة الى طاقة كهربائية . الحاشدة الشمسية تحتوي على رقاقة من مادة نصف موصلة ، تكون اجمالا من السيليكون . وهي مصنوعة بحيث انه عندما تسقط عليها اشعة الشمس تتحرك فيها الإلكترونات في اتجاه معيّن ، بينما تتحرك « الثقوب » (وهي مناطق مشحونة ايجابا) في الاتجاه المعاكس . تنتج كل حاشدة شمسية حوالى نصف فلط من التوتر .

حجرة ثانية (٦) ، حيث يبدأ الهواء بالانضغاط تحت تأثير الماء . (ت) الى ان يتمدد من جديد ، فيطرد الماء الى انبوب التصريف (٧) . الاندفاع المعاكس للماء يمكّن الصمام النابض من الانفتاح مجددا فتبدأ دورة ثانية وتتكرر .

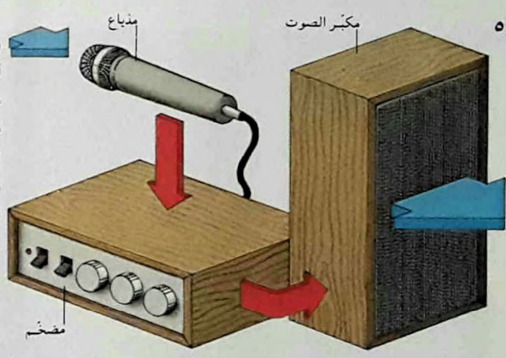


الطاقة عادة . كما لا يمكن استعمالها بكاملها للقيام بالشغل · فالجسم الحار مثلا يقوم بشغل عندما يبرد . ولكن حتى لو تم تبريده الى ما يقرب من الصفر المطلق . اي – ٢٧٣° سنتيغراد (– ٤٦٠ فارنهايت) . فان جزيئاته تحتفظ بأكثر طاقتها الداخلية · لذلك لا تعتبر الطاقة الكامنة لنظام ما معادلة لطاقته الداخلية الكاملة . بل معادلة فقط للجزء المتوفر منها للقيام بالشغل ·

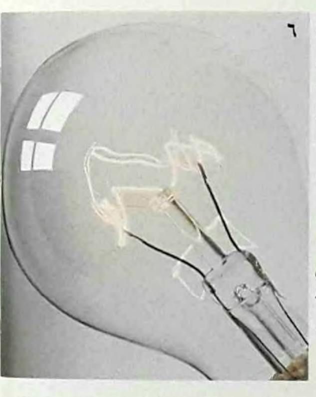
عندما تكون المادة متحركة . يقال ان لها طاقة حركية · لهذا السبب لجزيئات الغاز دائما طاقة حركية . اذ هي في حركة دائمة · يقاس معدل الطاقة الحركية لجزيئات غاز ما بدرجة حرارته · فكلما ازدادت سرعة حركة الجزيئات . ارتفعت درجة حرارة الغاز ·

ثبات الطاقة

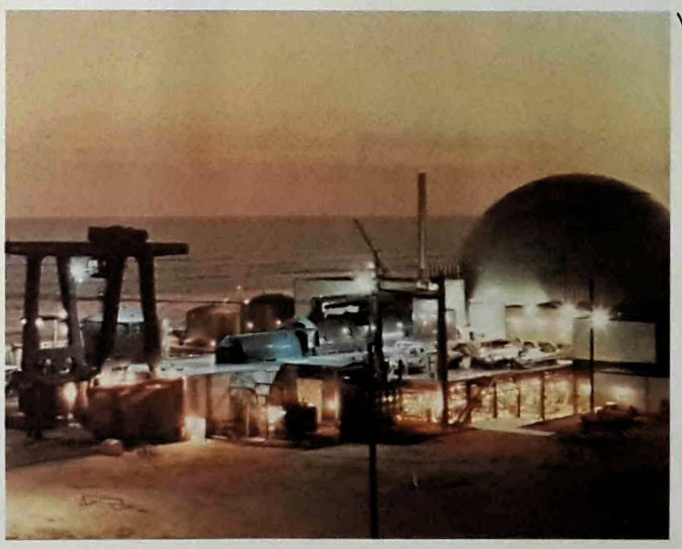
يمكن اعتبار الطاقة الحرارية طاقة



(٥) – يحدث تحوّل مزدوج للطاقة في النظام المؤلف من مذياع ومكبّر للصوت · فالمذياع يحول الطاقة الصوتية الى طاقة كهربائية . ثم يقوم مكبر الصوت بعملية التحويل المعاكس ·



(٦) – يتحول قسم من الطاقة الكهربائية في فتيلة مصباح كهربائي الى ضوء . بينما يتبدد القسم الاكبر منها كحرارة · يحتوي المصباح الفلْوري على بخار وعلى طلاء فلْوري يحوّلان معا الكهرباء الى ضوء تكون له حرارة اخف وفعالية اشد ·



(٧) – تستعمل محطات توليد القدرة النووية الطاقة المرتفعة التي تنفجر عندما تتحطم نواة الذرة · يمكن . في ظروف معيّنة مدروسة وبكل حيطة . تحرير طاقة اليورانيوم والبلوتونيوم النووية . فيتحول اكثرها الى

حركية . لنعد الى المثل المستعمل سابقا حيث وجدنا ان للغاز طاقة حركية متناسبة مع درجة حرارته المطلقة (درجة حرارته فوق الصفر المطلق) ، فاذا قام هذا الغاز بتسخين جسم ، تكتسب جزيئات هذا الجسم طاقة حركية ، ويتخذ انتقال الطاقة الحركية هذا شكل انسياب حراري من الغاز الساخن الى الجسم البارد فيسخن .

بعض الامثلة على ما نسمّيه « الطاقة الصالحة للاستعمال » نجدها في حرارة الفحم المحترق مثلا ، او الكهرباء المنسابة في الاسلاك الكهربائية ، او الطاقة الميكانيكية الناجمة عن احتراق الوقود في محرّك السيارة . لكن في جميع هذه العمليات المألوفة ، لا بد للطاقة ان تتحول من شكل الى آخر لتصبح صالحة للاستعمال عمليا .

هنالك دائما خسارة في تحولات الطاقة ؛ اذ لا يوجد تحوّل فعال ١٠٠ ٪ . فاحتراق الفحم مثلا يحوّل فقط حوالى ٢٠ ٪ من طاقة الفحم الكيميائية الى طاقة صالحة للاستعمال ؛ والمحرك الكهربائي يحوّل حوالى ٨٠ ٪ من الطاقة الكهربائية التي يستلمها الى طاقة ميكانيكية (٨) .

يُعبَّر عادة عن مبدأ ثبات الطاقة بهذا القول : « لا يمكن خلق الطاقة ولا افناؤها » . في تحوّلات الطاقة ، يكون مقدار الطاقة الناتجة دائما اقل من الطاقة المبذولة ؛ الا ان الطاقة الكاملة للنظام تبقى هي ذاتها ، وتكون « الطاقة الناقصة » طاقة مهدورة . فالكهرباء المنسابة في فتيلة مصباح كهربائي مثلا لا تتحول بكاملها الى ضوء ، بل ينهدر اكثرها بتحوله الى حرارة . لكن الحرارة والضوء مجتمعين يعادلان الكهرباء المبذولة ، وهذا ما تعنيه عبارة « ثبات الطاقة » . لكن الطاقة المتوفّرة للقيام بالشغل تنقص بعد كل تحوّل ، فيتدنّى مستوى الطاقة الصالحة للاستعمال .

ان ما يحدث في هذا المثل المفرد يبقى صحيحا بالنسبة لجميع تفاعلات الطاقة في الكون في اي وقت كان ، وتكون النتيجة الاجمالية لهذه التفاعلات هبوطا عاما في مستوى الطاقة الكونية الصالحة للاستعمال .



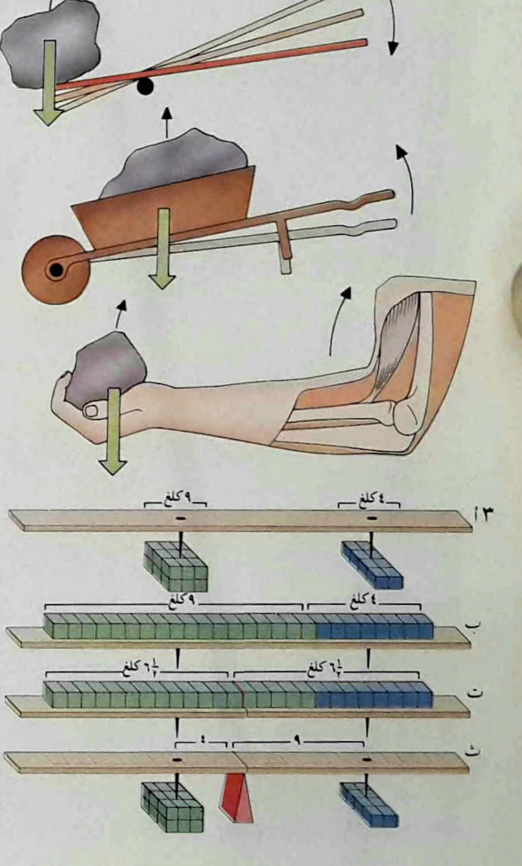
٨

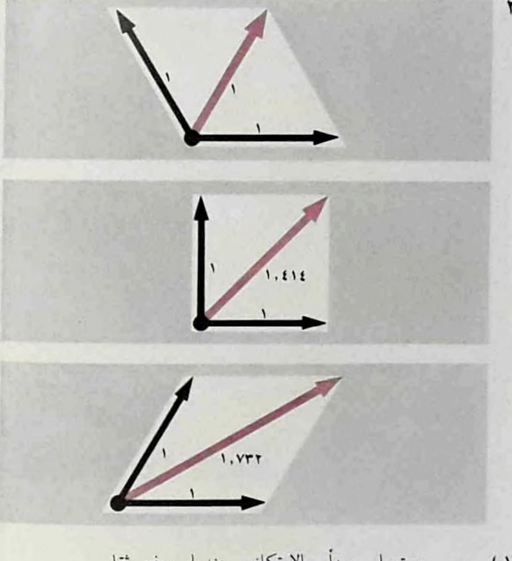
(٨) ـ يحوّل المحرك الكهربائي الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكية او حركية . النوع الدوراني منها هو الاكثر شيوعا ، وفيه يدور دوّار (روتور) داخل ساكن ثابت (ستاتور) .

حرارة تستعمل لتسخين الماء في مراجل للحصول على بخار . هذه الطاقة الحرارية تحول ايضا الى طاقة ميكانيكية في العنفات البخارية ، ثم الى طاقة كهربائية في المولّدات .

علم توازن القوى

اذا تحرك جسم فجأة بدون سبب ظاهر (مثلاً ، تحرك غير منتظر لطاولة في وسط غرفة) . يخلق ذلك ذعراً عند المشاهد بدون شك . من المرجح ان اكثر الناس قد يظنون ان هنالك حيلة وراء هذا الحدث . لانهم يؤمنون بوجود سبب لهذه الحركة . الأسم العلمي للسبب من هذا النوع هو « القوة » . وهي اي شيء يكون سبباً لبدء تحريك جسم عندما يكون ساكناً او يسبب عكس ذلك . القوة ضرورية ايضاً لتغيير حالة حركة موجودة ، اي لتغيير اتجاهها او لتعديل سرعتها . عندما يبدأ جسم بالتحَرك ، يستمر متحَركاً بدون توقف أو تغيير في اتجاهه حتى يتأثر بقوة أخرى . أصبحت اليوم هذه الفكرة





(١) - يستعمل مبدأ الأرجوحة في النوع الأول من الرافعات . حيث تكون نقطة ارتكازها (أو نقطة توازنها) واقعة بين الثقلين ؛ عربة اليد مثل مألوف على النوع الثاني للرافعات . وفيها يقع الثقل بين نقطة الارتكاز والقوة ؛ أخيراً يستعمل النوع الثالث من الرافعات . الذي تقع فيه القوة بين الثقل ونقطة الارتكاز . عندما يرفع ثقل بواسطة الساعد ويكون المرفق نقطة الارتكاز . اذا بقيت الرافعة والثقل بدون تغيير في الانواع الثلاثة . يقول مبدأ العزوم ان القوة اللازمة هي الأكبر في النوع الثالث والأصغر في الثاني . الذي هو أفضل انواع الرافعات .

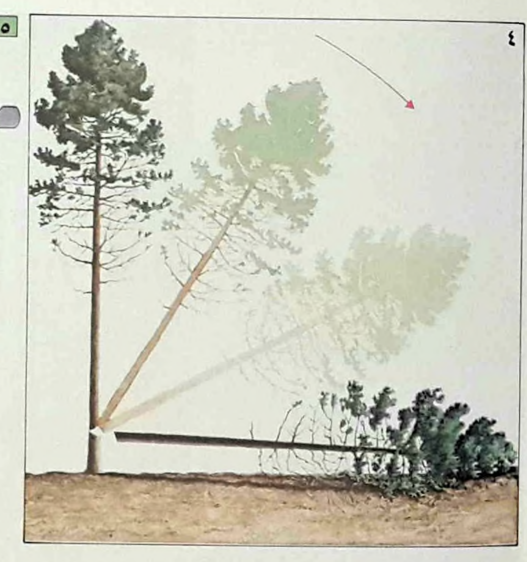
(٢) - عندما تصوّب

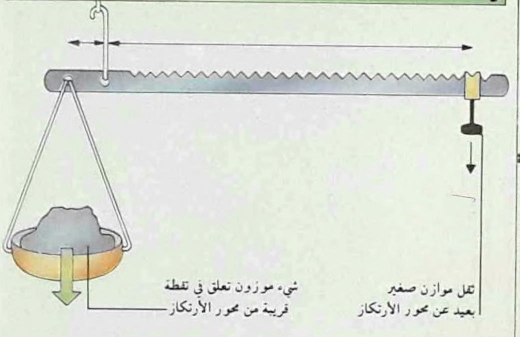
شبه بدهية . بعد ان نادى بها اصلاً وعممها اسحق نيوتن في أواخر القرن السابع عشر . وهي اجمالاً معروفة في الفيزياء بقانون نيوتن الأول للحركة .

في كثير من الحالات . يكون السبب لتوقف حركة موجودة أو تغييرها قوة الاحتكاك . هذه القوة تعمل باتجاه معاكس لاتجاه حركة الجسم . وهي تنتج عن احتكاك الجسم المتحرك بالسطح الذي يتحرك عليه او بالمحيط الغازي أو السائل الذي يتحرك فيه .

حالات التوازن

عندما تؤثّر قوى عدة في آن واحد على جسم واحد . تحاول كل منها تحريكه على خط متجه باتجاهها وبسرعة تتوقف على مقدار قوتها . إذا لم يتحرك الجسم نتيجة لتأثير جميع هذه القوى . يقال انه في حالة توازن (٧) .





قوتان على جسم باتجاهين مختلفين . يعادل اثرهما المتزامن قوة واحدة تسمّى « القوة المحصلة » . التي يمكن بناؤها رياضياً كقطر لمتوازي الاضلاع تكون اضلاعه متوازية للقوتين واطواله متناسبة مع مقاديرهما . وهذا تطبيق للرسوم البيانية للمتجهات .

(٣) ـ يمكن معرفة نقطة توازن الرافعة (التي نفترضها بدون ثقل) (أ) بتجزئة كل ثقل الى اثقال صغيرة متساوية وبتوزيعها على طول الرافعة (ب) وبأبقاء مركز ثقل كل ثقل حيث كان . تتوازن الرافعة اذ ذاك في مركز ثقل الخط بكامله . أي في منتصف خط الاثقال المتساوية (ت) . وعلى بعد من الثقلين بمسافة معاكسة لمقداريهما (ث) . هكذا يصبح حاصل ضرب الثقل ببعده عن نقطة الارتكاز واحداً على الجهتين . فالعزوم متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه .

(٤) ـ تبقى الشجرة بحالة توازن (لأن مركز الثقل فيها يشد بها الى اسفل باتجاه خط مستقيم يمر بقاعدتها) حتى يدق بجذعها اسفين فيفلقه . فيختلّ توازنها من جرّاء العزم الذي يولّده ثقلها والذي يقلبها دون ان يوازنه عزم آخر معاكس .

(٥) ـ الميزان القباني هو الميزان الذي غالباً ما يستعمله القصابون لوزن الذبيحة التي تثقل على الموازين العادية . يزاح الثقل المنزلق الصغير على طول ذراع الميزان الطويلة حتى تقوم افقياً . يكون الثقل المنزلق أقل وزناً من الحمل الثقيل . لأنه يكون أكثر بعداً منه عن نقطة الارتكاز . المبدأ المستعمل هنا هو الذي نجده في الرافعات من النوع الأول (مثل الارجوحة) . اول استعمال معروف لهذا الميزان حصل عام ٣١٥ ق . م .

في حالة التوازن . يكون مقدار مفعول اية من القوى واتجاهها متوازناً مع التأثير الكلّي للقوى الأخرى . لذلك لا تنتج اية حركة · إن دراسة القوى التي تؤثّر على الاجسام الساكنة . اي الاجسام التي هي في حالة توازن . تسمّى علم توازن القوى او الستاتيكا . وهي عكس الديناميكا التي تهتم بدراسة القوى المؤثرة على الاجسام المتحركة · من الامثال المألوفة على جسم في حالة توازن .

الشخص الجالس ساكناً على كرسي · فقوة ارجل الكرسي الصلبة . المتجهة الى اعلى والشادة بالشخص الى فوق . توازن قوة الجاذبيّة الأرضية المتجهة الى تحت والمحاولة جذب الشخص الى الارض من خلال الكرسي · مثل آخر هو مثل الشجرة المنتصبة عمودياً على الارض · فقوة الجاذبية الارضية . التي تشدها الى تحت . والمعروفة بثقل الشجرة . توازنها القوة التي تستمدها الجذور

٦



٧ أ

ب

ت

٨



(٦) – تحدث قوة حيوان مربوط الى ذراع مطحنة عزماً (أو تأثيراً دورانياً) . بالنسبة للمحور المركزي . يدير المطحنة ويطحن الذرة · تكون القوة اللازمة لتحريك هذه الالة أقل اذا شدها الحيوان بحبلها الأبعد عن المركز · لكن عليه عند ذاك ان يجتاز مسافات أكبر ·

(٧) – اذا أميل قليلاً مخروط مقلوب على رأسه (أ) يولّد ثقله عزماً يكمّل دوران المخروط حول نقطة تلامسه مع الارض . وهذا وضع توازن غير مستقر · لكن اذا كان المخروط واقفاً على قاعدته (ب) . فان إمالته تحدث عزماً يرجعه الى وضعه الأصلي . وهذا توازن مستقر · اما اذا كان المخروط نائماً على ضلعه (ت) . فأن إزاحته لا تحدث أي عزم . لأن الثقل وردّة الفعل عليه (١ و ٢) يحدثان على خط واحد . فيبقى المخروط في وضعه الجديد . فهو في حالة توازن متعادل · ان مركز الثقل المنخفض للبص يبقيه في توازن مستقر حتى لو ازيح على نطاق واسع ·

من الأرض . وهي قوة النمو المتجهة الى فوق . نتيجة لحالة التوازن هذه . فلا الشخص ولا الشجرة يتحركان الى فوق او الى تحت . الا اذا تدخلت قوة خارجية أخرى .

العزوم والرافعات

حتى الآن . لم نأخذ بعين الاعتبار سوى القوى التي تحاول تحريك الاجسام على خط مستقيم . غير ان هناك قوى عدّة أخرى يمكنها التأثير على الاجسام محاولة ادارتها حول نقطة مركزية . لهذه القوى فعالية تتوقف على بعدها عن النقطة المركزية .

ان المفعول الناجم عن ضرب مقدار القوة المبذولة بالبعد العمودي عن نقطة الدوران (محور الدوران) يسمّى عزم القوة .

٩



(٨) ـ يساوي عزم المزدوجة حاصل ضرب احدى القوتين بالمسافة بينهما . هذه اليد تشد بقوة واحدة على طرفي مقبض الحنفية . محدثة دوراناً حول المحور المركزي لإغلاقه أو فتحه . تحاول كلتا القوتين إدارة المفتاح باتجاه واحد وتكونان معاً مزدوجة . كلما كبر مقبض الحنفية كبرت المزدوجة .

(٩) ـ يطبّق مبدأ العزوم على معظم النشاطات في ملاعب الاطفال . تمثل الارجوحة بوضوح الرافعة . كما يظهر في الصورة . بالإضافة الى ذلك . تستعمل المظلة والارجوحة الدورانية وغيرهما من ادوات اللعب عزم القوّة حول محاورها او نقاط ارتكازها لاحداث الحركة .

طبعاً يمكن لقوى عدّة التأثير معاً على جسم في آن واحد . وفي أكثر من نقطة واحدة ضمن حدوده . في هذه الحالة . يكون لكل قوة عزم بالنسبة لمحورها الخاص . ويكون بامكان الجسم البقاء في حالة توازن . اذا لم تحدث هذه العزوم تأثيراً جماعياً دورانياً . بتعبير آخر . لن تحدث حركة اذا تساوى مقدار العزوم التي تحاول ادارة الجسم باتجاه عقارب الساعة مع مقدار تلك التي تحاول ادارته في الاتجاه المعاكس . النتيجة العامة هي : لكي يكون جسم في حالة توازن . عليه ان يخضع معاً وفي آن واحد للمبدئين التاليين : مبدأ التوازن المذكور سابقاً . أي توازن القوى في المقدار والاتجاه . ومبدأ العزوم .

كيف تعمل المزدوجات

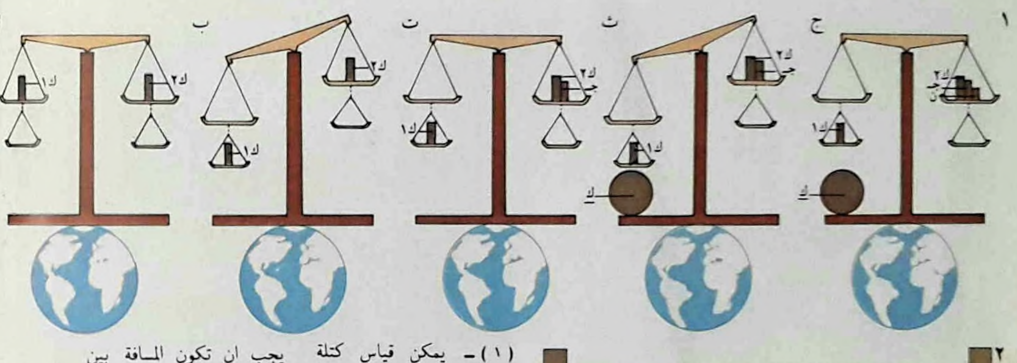
يهتم علم توازن القوى ايضاً بدراسة نظام المزدوجات (٨) . المزدوجة هي كناية عن قوتين متعادلتين في المقدار (٥) . تحاولان ادارة جسم على نفسه باتجاه واحد وذلك بشده من نقطتين مختلفتين . تحدث المزدوجة في الجسم دوراناً فقط ولا تحدث اية حركة مستقيمة . تحقيق حالة توازن يتطلب مزدوجة أخرى معادلة للاولى في العزم ومعاكسة لها في الاتجاه .

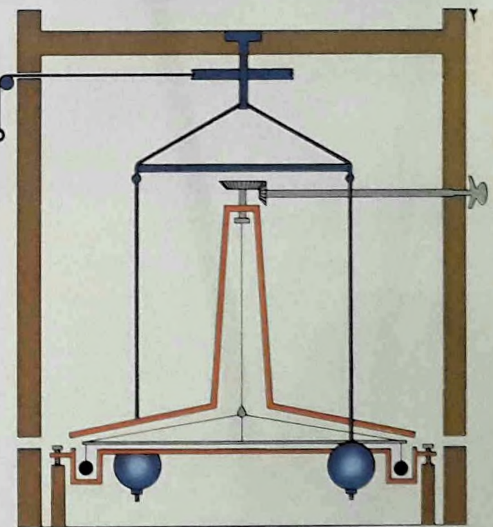
التجاذب والتنافر

اكثر القوى الطبيعية غموضا هي تلك التي تؤثر في الاجسام من مسافات شاسعة. عابرة حتى الفضاء الفارغ بدون اي وسيط مادي بين الجسم الذي تنطلق منه والجسم الذي تؤثر فيه . تسمى هذه الظاهرة « ظاهرة التأثير من بعيد » . ثمة قوى اساسية في الطبيعة من هذا النوع . اهمّها القوة التجاذبية والقوة المغنطيسية والقوة الكهربائية . اما القوى الأساسية الأخرى . فهي تؤثر ضمن حدود نواة الذرة وعلى مدى قصير فقط .

قانون التربيع العكسي

تخضع القوى الثلاث التي تؤثر من بعيد لقانون واحد يقول ان القوة تتوقف على





(١) ـ يمكن قياس كتلة الارض ق بواسطة ميزان طويل له كفّتان من كل جهة . في البدء تتوازن $ك_1$ و $ك_2$ (أ) . لكن عندما تنقل $ك_1$ الى الكفّة السفلى . يزداد ثقلها . لأنها تصبح اكثر قربا من الارض (ب) . تستعمل الكتلة جـ لإعادة التوازن (ت) . بعدئذ توضع الكتلة الكبرى ك تحت $ك_1$ لزيادة وزن $ك_1$ بفضل التجاذب التثاقلي (ث) . يعاد التوازن (ت) بالثقل ن . اذا كان ش شعاع الارض . تكون ط هي المسافة بين $ك_1$ و ك ، عندئذ يعطي قانون نيوتن ،

$$\frac{ك_1 \times \underline{ك}}{ط^2} = \frac{ن \times \underline{ق}}{\underline{ش}^2}$$

يجب ان تكون المسافة بين كفّتي الميزان كبيرة بما فيه الكفاية حتى لا تجذب الكتلة ك الكتل الاخرى بقوة تذكر .

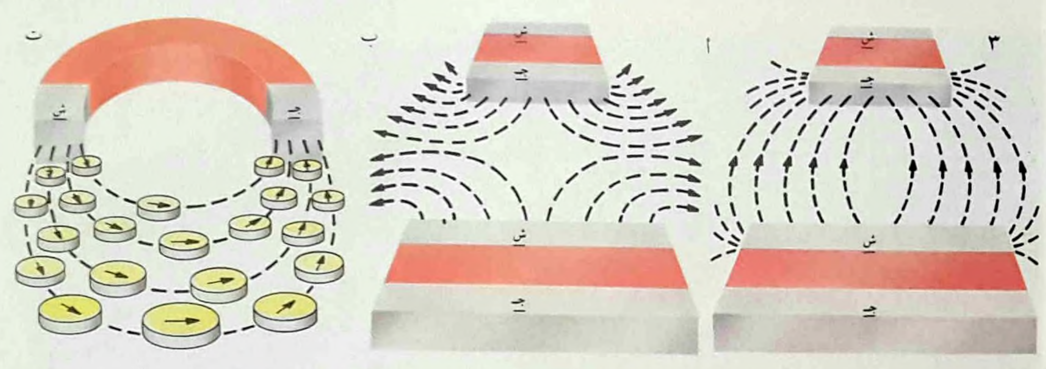
---

(٢) ـ قام هنري كفنديش سنة ١٧٩٨ بتحديد كتلة الارض باستعمال ميزان التوائي ذي ليفة من الكوارتز . وضع كرّتين من الرصاص بحيث تجذبان كرّتين اصغر منهما حجما . ثم قام بحساب قوة التجاذب استنادا الى مقدار انحراف ذراعي الميزان . ولمعرفة كتلة الارض . قام كفنديش بمقارنة هذه القوة . مع قوة جذب الارض للكرات (اي مع ثقلها) .

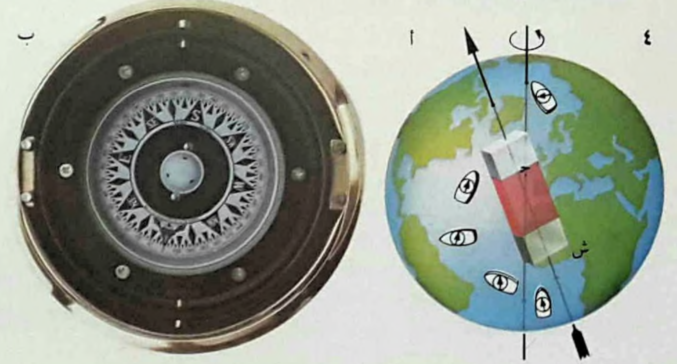
الجسم الذي تنطلق منه والجسم الذي تؤثر فيه والمسافة الفاصلة بين الجسمين . وهو ما يسمّى بقانون التربيع العكسي (٦) . فاذا ضوعفت المسافة بين الجسمين مثلا . فأن قوة تفاعلهما تنخفض الى الربع (التربيع العكسي) .

كان اسحق نيوتن (١٦٤٢ - ١٧٢٧) اول من لاحظ ان هذا القانون هو المهيمن على القوة التجاذبية . وذلك عندما كان يقوم بحساب سرعة القمر على مساره حول الارض . فقانون الجاذبية الذي وضعه (١) نيوتن يقول : « قوة التجاذب بين جسمين تتناسب طردا مع حاصل ضرب كتلتيهما ، وعكسا مع مربّع المسافة بينهما » . وتجدر الملاحظة بأن هذه القوة متبادلة ، فهناك قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الإتجاه تؤثران في الجسمين .

بعد ذلك بحوالى ١٠٠ سنة . اي عام ١٧٨٩ . استعان هنري كفنديش (١٧٣١ -



(٣) ـ لكل مادة مغنطيسية مجال قوة يحيط بها . تدلّ خطوط القوة المنتشرة فيه (الرسم) على الطريق التي تتحرك عليها وحدة قطب مغنطيسي شمالي . اذا رششنا برادة الحديد على ورقة موضوعة فوق قطعتين مغنطيسيتين . نراها تنتشر بخطوط قوة سالبة (أ) او موجبة (ب) . بطريقة مماثلة . تتجه ابرة بوصلة صغيرة باتجاه خطوط القوة ويشير قطبها الشمالي الى اتجاه المجال (ت) .



(٤) ـ يتولّد المجال المغنطيسي للارض عن ظاهرات تحدث تحت قشرتها . وذلك كما لو كان قد نجم عن قضيب مغنطيسي ضخم يقع قطبه الجنوبي بالقرب من القطب الشمالي الجغرافي الموجود في احد طرفي محور دوران الارض (أ) . تهتز ابرة البوصلة المغنطيسية (ب) للسفينة حتى يقف طرفاها على خط يقع على خط قوة المجال المغنطيسي الارضي . مشيران الى الشمال والجنوب .

١٨١٠) بنظرية التجاذب هذه لاعطاء اول تقدير لكتلة الارض (٢) . هذا العالم هو ايضا الذي قام عام ١٧٨٥ بأحد افضل الاختبارات للتحقق من صلاح استعمال قانون التربيع العكسي لوصف القوة بين الشحنات الكهربائية الساكنة . وهذا ما اثبته مجددا جيمس كليرك مكسويل (١٨٣١ - ١٨٧٩) عام ١٨٧٠ ، الذي برهن ان قانون التربيع العكسي هو صحيح بدقة تصل الى ١ من ٢٠٠٠٠ . اما الطرائق الحديثة ، فقد وصلت بهذه الدقة الى ١ من الف مليون .

حجم الحيّز الذي تفعل فيه القوة المنطلقة من جسم يدعى « مجال القوة » . وتدعى « خطوط القوة » الاتجاهات التي يمكن للحركة ان تتبعها .

القوى التجاذبية والقوى المغنطيسية

لكل جسم ذي كتلة ، مهما صغرت ،

٥

جزيء في سائل

جزيء على السطح

(٥) - تعتبر القوى الكهربائية الموجودة في مادة على المستويين الجزئي والذرّي مسؤولة عن قوة التماسك التي تحافظ على المادة وتعطيها شكلا وقوة . توجد قوى التجاذب والتنافر هذه في حالة توازن ، التجاذبية منها تجعل المادة متماسكة ، والتنافرية تمنع الذرات من الانهيار بعضها فوق البعض الآخر . نجد في السوائل ابرز نتائج قوى التماسك هذه . فكل ذرّة في قلب السائل تتأثر بقوى متساوية ومتقابلة تأتيها من جميع الاتجاهات ، فتبقى متوازنة . اما الذرّات الموجودة على سطح السائل ، فهنالك قوة تجذبها الى قلب السائل . النتيجة هي ان سطح السائل يظهر وكأنه مغطى بجلد مطاطي غير مرئي . هذا التوتر السطحي تستعمله بعض الحشرات ، كخنفساء الماء وبرقانة البرغش ، للمحافظة على طفوها على سطح بركة .

٧

٦

$$\text{ق} = \frac{\text{ث ك ك}}{\text{٤ م}^{٢}}$$

ك　٤ق　ك　ق　ك

م　٢م

(٦) - يهيمن قانون التربيع العكسي على القوتين التجاذبيتين الكهربائية والمغنطيسية . تمثّل ك و ك كتلتي الجسمين بالنسبة للقوة التجاذبية ، وقيمتي شحنتيهما بالنسبة للقوة الكهربائية ، وقوّتي قطبيهما بالنسبة للقوة المغنطيسية . في جميع الحالات تمثّل ط المسافة بين الجسمين ، و ث هي كمية ثابتة تختلف قيمتها بالنسبة لكل من القوى الثلاث . القوة التجاذبية هي ضعيفة الى حد كبير بالمقارنة مع القوّتين الأخريين . فقوة تجاذب إلكترونيْن هي $١٠^{٤٢}$ مرة اضعف من قوة التنافر الكهربائية بينهما . (لذلك لا نشعر بوجود القوة التجاذبية



مجال قوة تجاذبي . هذه القوة تكون دائما موجبة . لأنه لا يمكن لجسم ان تكون كتلته سالبة . وهذا ما يدل على ان قوة تأثير الارض هي دائما قوة جذب (القوة ذات القيمة السالبة هي قوة تنافر لا تجاذب) . القوة التجاذبية هي التي تعطي جميع الاجسام ثقلا . وذلك لأنها تشدّ بتلك الاجسام نحو مركز الارض (٧) . وهي التي تحفظ السيارات في مسارها حول الشمس . في بعض الاحيان . تتوازن هذه القوة مع قوة مساوية لها . لكن باتجاه معاكس . فتتحقّق حالة اسمها حالة اللاثقل . هذا ما تحدثه . في اغلب الاحيان . القوة المركزية الطاردة الناجمة عن دوران قمر اصطناعي في مساره .

القوة المغنطيسية (٣) مألوفة في عمل البوصلة العادية . هذه القوة . وهي تؤثر ايضا من مسافات بعيدة . قد تكون جاذبة او صادّة . وهذا ما يمكن التأكد منه بواسطة قضيبين مغنطيسيين بسيطين . يتم التفريق بين طرفي المغنطيس او « قطبيه » بتسمية الواحد القطب الشمالي والثاني القطب الجنوبي . لا يمكن لقطبين شماليين ان يبقيا متلامسين . وهذا ما يصح ايضا على القطبين الجنوبيين . اذ لا يمكن التلامس الا لقطبين احدهما شمالي والآخر جنوبي . يمكن تلخيص هذا الاثر الاساسي بالقاعدة : « الاقطاب المتماثلة تتنافر والاقطاب المختلفة تتجاذب » (٤) .

يمكن للقوة الكهربائية (٥) ان تكون هي ايضا جاذبة او صادّة . لأن مصدرها . وهو الشحنة الكهربائية . قد يكون موجبا او سالبا .

الا عند وجود كتل كبيرة كالارض) . وهكذا فأن صيغة معادلة قانون التربيع العكسي تختلف في القوى الثلاث حسب اختلاف قيمة **ث** بالنسبة لكل منها .

(٧) ـ تحتاج « الجبال الروسية » الى قدرة لرفع العربة الى قمة اعلى منحدر . بالرغم من قوة الجاذبية الارضية . عندما تبلغ العربة القمة . تتجمّع فيها طاقة كامنة تتحوّل الى طاقة حركية عندما تنطلق العربة على المنحدر . بموجب قانون ثبات الطاقة . تكون الطاقة الحركية للعربة في ادنى المنحدر معادلة لطاقتها الكامنة عندما كانت في القمة . فيكون بامكان العربة اذن ان تبلغ مبدئيا العلو ذاته بدون تدخل قدرة خارجية .

ما هي الشحنة الكهربائية ؟

كل شحنة كهربائية هي في الحقيقة مضاعف شحنة بدائية واحدة . هي شحنة الإلكترون التي لا يمكن اختزالها . هذا ما لاحظه اولا ثم قام بقياسه الفيزيائي الامريكي روبرت ملّيكان (١٨٦٨ - ١٩٥٣) . الا ان الطبيعة المزدوجة للشحنة الكهربائية كانت معروفة منذ ايام الاغريق .

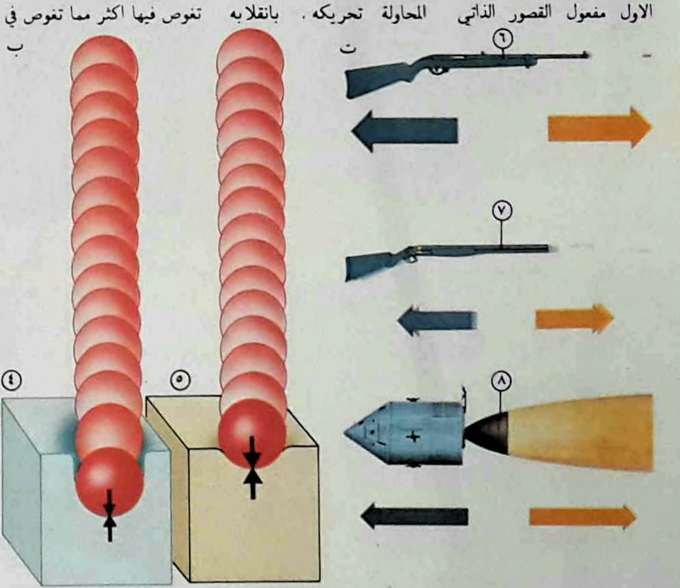
السرعة والتسارع

تتحرّك كل من السيارات والصواريخ والأجسام الساقطة وكرات القدم بفعل القوى . يسمّى الديناميكا ذلك الفرع من الفيزياء الذي يعنى بالحركة وبالقوى التي تحدثها او تؤثر فيها . ان اعمال اسحق نيوتن (١٦٤٢ - ١٧٢٧) . ولاسيما قوانينه الأساسية الثلاثة للحركة . هي التي اعطت هذا الفرع اساسا علميا متينا .

مبادىء الحركة

يلخّص قانون نيوتن الاول للحركة (١) مبدأ القصور الذاتي . وهو نزعة الجسم المتحرك الى الاستمرار في التحرك ونزعة الجسم الساكن الى البقاء ساكنا . صيغته هي : « يبقى الجسم

(١) – يحدّد قانون نيوتن الاول مفعول القصور الذاتي (أ) . فالجسم يقاوم القوة المحاولة تحريكه . بانقلابه الى الوراء (١) . مع انه . عندما يتحرك باطّراد . يبدو وكأنه ساكن (٢) . وعندما يُوقف يقاوم تخفيف السرعة ويميل الى متابعة تحرّكه (٣) . القانون الثاني يشرح كيف ان التسارع او التباطؤ يتناسبان طردا مع القوة التي تحدثهما (ب) . فالكرة التي تسقط على مادة ليّنة (٤) تغوص فيها اكثر مما تغوص في مادة صلبة (٥) . لأن قوة التباطؤ في المادة الليّنة تكون اصغر . يقول القانون الثالث بوجود ردة فعل مساوية قوتها لقوّة الفعل في المقدار ومعاكسة لها في الاتّجاه (ت) . فالبندقية ترتدّ الى الوراء عندما تطلق منها النار (٦) . مع ان سرعة الرصاصة هي اكبر بكثير . والطلقات المتتالية تحدث تراجعات متتالية (٧) . ينفث الصاروخ الغاز فيتحرك الى الامام (٨) بسبب ردّة الفعل .



(٢) – لا بد لكرتين مختلفتي الكتلة . تسيران في الاتّجاه الواحد . ان تصطدما عندما تفوق سرعة الكرة الكبرى سرعة الكرة الثانية (أ) . تبقى كميّة التحرك الكليّة قبل الاصطدام وبعده (ب) بدون تغيير . تساهم كل من الكرتين في كمية التحرك الكلية قبل الاصطدام . بينما تبقى الكرة الكبرى وحدها تتحرك بعده بسرعة تفوق سرعتها قبله . ولكن بسرعة دون السرعة السابقة للكرة الصغيرة (ت) .

ساكنا او متحركا بسرعة ثابتة ما لم يتأثر بقوة ما » . فعندما تأخذ سيارة بالتحرّك ، تستمر في الحركة مع ركّابها حتى تتأثر بقوة ، كالقوة الكابحة مثلا . واذا اصطدمت مقدمتها بشيء ما ، قد تتوقّف . الاّ ان القصور الذاتي قد يقذف بركّابها من مقاعدهم الى الأمام . وقد يُقذفون على زجاج السيارة . الا اذا ابقاهم حزام الامان في مكانهم . اذ انه يفعل بمثابة قوة ضابطة . ينتج عن هذا القانون انه كلما ازدادت القوة المؤثّرة في جسم ما ، ازداد تغيّر سرعته . السرعة هي مجرد الحركة في اتجاه معيّن . ويسمّى تغيّرها في وقت معيّن تسارعا . لذلك يزداد التسارع مع ازدياد القوة المؤثّرة . لكن القانون الثاني للحركة يشير ايضا الى عنصر آخر يؤثّر في التسارع . اذ يقول : « التسارع ، فضلا عن تناسبه طردا مع القوة ، يتناسب عكسا مع كتلة الجسم المتحرّك » . اما القانون الثالث ، فهو يعالج

(٣) ـ لكل جسم موجود في مجال تجاذبي طاقة كامنة تتناسب طردا مع ارتفاعه . اذا مُكّنت كرة (أ) من التدحرج على منحدر (ب) ، تنخفض طاقتها الكامنة في الوقت الذي تزيد طاقتها الحركية بمقدار مماثل وتفقد قسما من الطاقة بسبب الاحتكاك . لذلك اذا تدحرجت الكرة على مُستوٍ افقي ، فأنها تتوقف في النهاية . واذا تأرجحت الكرة وهي معلّقة في طرف خيط (ت) ، فأن الطاقة الحركية تتحوّل مجددا الى طاقة كامنة اثناء الحركة الصاعدة .

(٥) ـ « القذّافة البخارية » التي تعمل بضغط الغاز في المكابس . تعود فعاليتها الى تخزين كمية كبيرة من الطاقة الكامنة وتحويلها عندما تتحرر الى طاقة حركية . على هذا الاساس يمكن زيادة سرعة الطائرات الضخمة .

كيفية تأثير القوى بعضها في بعضها الآخر . فاذا وضع جسم على طاولة . تبذل الطاولة قوة متَجهة الى فوق يساوي مقدارها مقدار قوة ثقل الجسم المتَجهة الى تحت . يأتي القانون الثالث فيعمّم هذا بقوله : « مقابل كل قوة مؤثّرة . هنالك ردة فعل مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه » . فاذا رُبط ميزانان نابضان احدهما بالآخر وشُدّا باتّجاهين متعاكسين . فانهما يسجّلان القوة ذاتها .

ترتبط قوانين نيوتن للحركة ايضا بمفاهيم عدة اخرى . فالقانون الثاني يبيِّن كيف يخضع التسارع (ت) للكتلة (ك) وللقوة المبذولة (قٍ) وفاقا للمعادلة : قٍ = ك ت . يمكن استعمال هذه العلاقة لحساب ثقل الاجسام . لأن الثقل هو القوة التي تشد بالجسم الى مركز الارض . هذه القوة تساوي حاصل ضرب الكتلة بتسارع الجسم الساقط على سطح الارض (وهو التسارع الناجم عن

٥



٦



٧



(٤) ـ تتصادم السيارات في قافلة . عندما تتوقف سيارة منها او سيارتان . فتصطدم السيارات الاخرى التي لا تتمكّن من التوقف في الوقت المناسب بالسيارات المتوقفة امامها وتنقل اليها كمية تحركها الى الامام . فتندفع هذه السيارات وتصطدم بالتي امامها . يتطلّب قانون ثبات الطاقة ان تتحوّل طاقة السيارة الحركية الى الحرارة المتبددة والى الطاقة التي تكتسبها السيارات المتوقفة .

(٦) ـ لاحظ الكونت رمفورد (١٧٥٣ ـ ١٨١٤) . اثناء عملية تجويف مواسير المدفع . ان المواسير والآلة الثاقبة والشظايا المعدنية تصبح ساخنة بدون وجود مصدر ظاهر للحرارة باستثناء الاحتكاك . فادرك ان الطاقة الميكانيكية اللازمة لإدارة الماسورة ضد قوة الاحتكاك

الجاذبية الارضية) . لذلك . فالكتلة والثقل كميتان مختلفتان تماما . يقاس مقداراهما بوحدات مختلفة (الكيلوغرام او الباوند للكتلة والنيوتن او الباوندال للثقل) .

تعريف كمية التحرك

بما ان التسارع هو نسبة تغير السرعة . فمعادلة القانون الثاني تدل ايضا على انه يمكن اعتبار القوة بمثابة نسبة تغير حاصل ضرب الكتلة بالسرعة . يسمّى حاصل الضرب هذا كمية التحرك . يمكن اعتبار هذه الكمية بمثابة الحركة التي تزداد بازدياد كتلة الجسم . بالنسبة الى سرعة معيّنة . في الواقع تدل كمية التحرك على المجهود اللازم لتحريك جسم او لإيقاف حركته او تغيير اتجاهها . فمثلا . اذا وضعت قرميدة برفق على رجل شخص . فهي لا تؤذيها . بينما الألم الذي يشعر به . اذا سقطت تلك القرميدة ذاتها على رجله من ارتفاع متر واحد . يكون خير شاهد على مفعول كمية التحرك .

لعل اهم الاسباب لحساب كمية التحرك هو انها تبقى ثابتة خلال احداث تتغيّر فيها الحركة . كما في اصطدام مفاجيء او في انفجار مثلا .. هذا يعني ان كمية التحرك الكليّة قبل وقوع الحدث وبعده تظل ثابتة تماما (٢) . يمكن لكمية التحرك ان تنقص بعد الحدث بفعل الاحتكاك .

٨



(٨) ـ يتراجع المدفع الثقيل عندما يطلق النار . بينما تدفع قوة ردّة الفعل القذيفة الى الامام . يقول قانون ثبات كمية التحرك ان كميّة التحرك تكون معدومة قبل اطلاق النار وبعده . وان القذيفة تكسب سرعة الى الامام لكونها اخفّ من المدفع . تتحول الطاقة الكيميائية الكامنة في الوقود الدفعي الى طاقة حركية لكل من المدفع والقذيفة .

هذه تتحول الى طاقة حرارية .

---

(٧) ـ اظهرت تجربة غاليليو الاسطورية . عندما رمى بكرة مدفع وبحصاة معا من اعلى برج بيزا . ان الاجسام المختلفة الكتل تسقط الى الارض في وقت واحد . فاتّضح بذلك ان التسارع الناجم عن الجاذبية الارضية هو واحد لجميع الاجسام .

نوعان من الطاقة

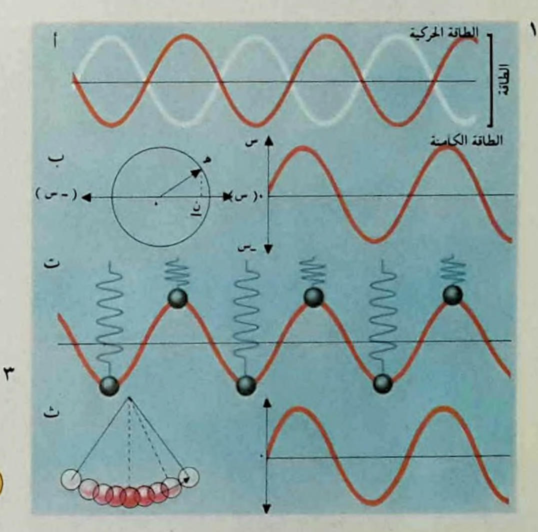
هناك نوعان من الطاقة اساسيان لدراسة الديناميكا : الطاقة الحركية . وتملكها الاجسام المتحركة . والطاقة الكامنة . وتملكها الاجسام الساكنة التي يمكنها القيام بشغل بفضل موقعها (٣) . فمدقّ الركائز يختزن طاقة عندما يُرفع ضد قوة الجاذبية الارضية . ثم يطلق الطاقة المختزنة عندما يهبط . في الواقع . تتحول الطاقة الكامنة الى طاقة حركية عندما تسقط المطرقة . والطاقة الحركية هي التي تقوم بغرز الركيزة في الارض .

الحركات الدائريّة والاهتزازية

اذا ضغط سائق على دوّاسة مسارع سيّارته، تسرع السيارة، اي انها، بالتعبير العلمي، تغيّر من سرعتها. كذلك عندما يسير بسرعة ثابتة في منعطف. فالسرعة تتغيّر ايضا. ذلك لأن للسرعة مقدارا واتّجاها. فاذا تغيّر احدهما، تغيّرت السرعة.

الحركة الدائرية

يُسمّى معدّل تغيّر السرعة تسارعا. فاذا غيّر جسم اتّجاهه، وان كان يسير بسرعة ثابتة، فانه يتعرّض لتسارع. كذلك عندما يُربط حجر بطرف خيط ويدار بشكل دائرة بسرعة ثابتة، فانه يخضع لتسارع متواصل. لأن اتّجاهه يتغيّر باستمرار. واذا





(١) - في كل حركة دورية تبادل مستمر بين الطاقة الكامنة والطاقة الحركية. كما يظهر ذلك في الرسم البياني (أ). الحركة التوافقية البسيطة هي نوع من الحركات الدورية يتميّز بشكل الموجة الجيبيّة المنحني (ب). حركة النقطة **ن** على قطر الدائرة الذي تدور حوله النقطة **هـ** هي خير مثل على الحركة التوافقية البسيطة. الكتلة المعلّقة بنابض (ت) تقوم بحركة توافقية بسيطة ويقوم البندول (ث) بحركة توافقية بسيطة زاويّة.

(٢) - ان سرعة (ع) تحرك موجة الى الامام لها ترذذ (د) ويعطى طول موجتها (ل) بالصيغة **ع = د . ل**. قد يكون لموجتين سعة (س) واحدة، حتى لو اختلف طول موجتهما.

(٣) - يستعمل الزمن الدوري الثابت، الذي يستغرقه تراوح البندول، لضبط الساعات ولاسيما الموضوعة منها في صناديق (ب). يمكن ملاءمة مضبط الانفلات بدقة باختيار بندول (أ) يكون طوله مناسبا. يمكن حساب الزمن الدوري من المعادلة: $ن = ٢\pi\sqrt{ط/ج}$ حيث **ن** تمثّل الزمن و **ط** طول البندول. و **ج** التسارع

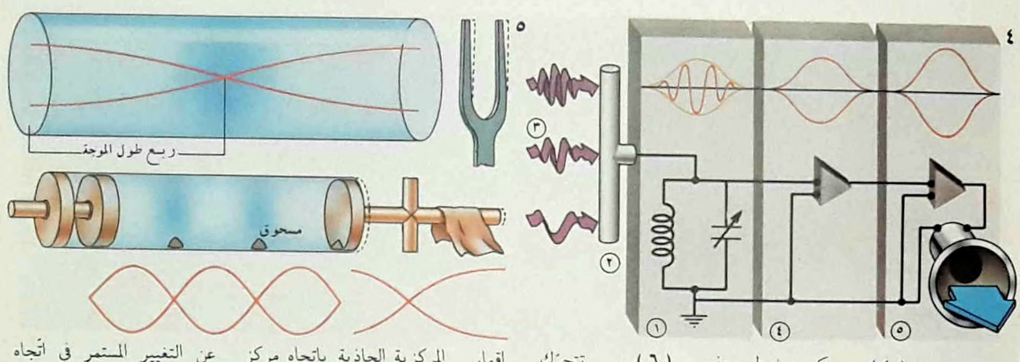
انقطع الخيط في ايّة لحظة يفلت الحجر منطلقا على خط مماسّ للدائرة (كما يُرى في الشرارات المتطايرة من دولاب الجلخ عندما يدور) .

يجب ان تكون هناك قوّة تؤثّر على الحجر الدائر لتسبّب تسارعه . القوة هنا تأتي من التوتّر في الخيط . وتحسّ اليد بهذه القوة عندما يُدار الحجر . تُسمّى هذه القوة « قوة الجذب المركزي » . لأنها تعمل باتّجاه مركز الدائرة .

كذلك . بموجب قانون نيوتن الثالث للحركة . يجب وجود قوة مساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتّجاه تؤثر على الجسم الدائر وتُسمّى القوة الطاردة المركزية . لأنها تعمل باتّجاه معاكس لاتّجاه المركز .

الحركة الدورية

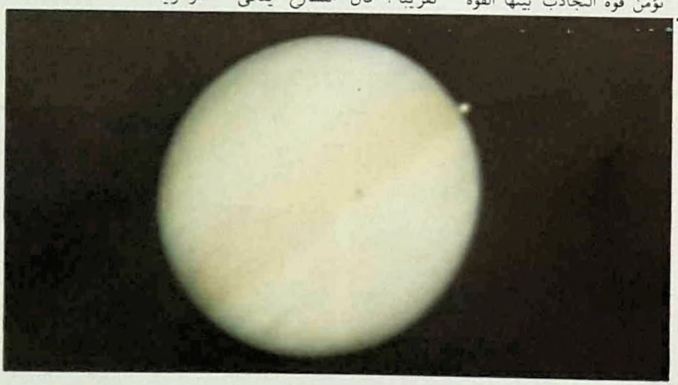
تتوقّف كل من القوة المركزية الجاذبة



(٤) ـ يمكن « ضبط » هذه الدائرة (١) . حيث هوائي (٢) الراديو هو مصدر للتيار المتناوب . بحيث يطابق تردده الطبيعي تردّد موجات الراديو (٣) التي يلتقطها الهوائي . الرنين يثير الدائرة التي تهتز فتشغّل الراديو (٤ ، ٥) .

(٥) ـ يهتز الهواء داخل مزمار بتردد طبيعي يتوقف على طول المزمار . اذا كان للدافع الخارجي التردد ذاته . فانه يحدث رنينا . يظهر المسحوق الموضوع في المزمار الاسفل الموجة التي تتكوّن فيه .

(٦) ـ تتحرّك اقمار المشتري . كجميع الاقمار التابعة الطبيعية والاصطناعية الأخرى . بسرعات كبيرة على مسارات حول الكوكب الأم . تؤمّن قوة التجاذب بينها القوة المركزية الجاذبة باتجاه مركز الحركة . وتبقي القمر على مساره كما انها تحدث تسارعه المركزي الجاذب . بما ان سرعة الدوران تبقى ثابتة تقريبا . فان التسارع يتأتّى عن التغيير المستمر في اتّجاه حركة القمر التابع . لو تعطّلت القوة الجاذبة الى الداخل . فالقمر يندفع سريعا في الفضاء بسبب القوة الطاردة المركزية .



والقوة الطاردة على كتلة (ك) الجسم وسرعته (ع) اثناء الحركة الدائرية (شعاع دائرتها : ش) . يحتاج الجسم الثقيل الى قوة كبيرة لحفظه على مداره . وكذلك الامر بالنسبة لسرعات الدوران العالية . تدلّ الاختبارات كذلك على ان القوة المطلوبة (قٍ) . في مثل هذه الحالات . تتناسب عكسيا مع شعاع الحركة وان $ق = \frac{ك ع^2}{ش}$. حيث تعطي $ش/ع^2$ مقدار التسارع المركزي الجاذب .

الحركة الدائرية المنتظمة دوريّة . اي ان الأحداث فيها تتكرّر . معيدة نفسها باستمرار وبانتظام . ويبقى الوقت اللازم لدورة كاملة للجسم ثابتا . يمكن كذلك البرهان على الصفة الدوريّة بملاحظة تغيّر بعد الجسم مع الوقت عن اي قطر ثابت للدائرة . اذا مثّلنا هذه المسافات برسم بياني . فالمنحني الناجم عن ذلك يكون شبيها بموجة جيبيّة المنحني

٧



٨

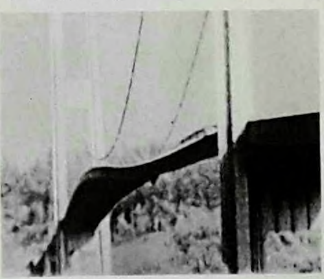


(٧) – تتحرك امواج البحر بحركة تموّجية مستعرضة تنقل الطاقة في اتّجاه حركتها . بينما تتحرّك الاجسام الطافية عموديا . صعودا ونزولا . عندما تمرّ بها الأمواج .

(٨) – في كثير من الألعاب التي يمتطيها الاولاد في مدينة الملاهي تتوقّف متعة اللاعبين على الحركة الدائرية والقوى الطاردة المركزية الناجمة عنها . كلها تستعمل اشكالا مختلفة من هذا النوع من الحركة . ابتداء بدوران الدوّامة البطيء حتى الحركات الاكثر سرعة والأكثر تعقيدا في « دوّار » الطائرات . يتوقّف مقدار قوة الطرد المركزية على كتلة الجسم الدائر . لذلك عندما يسرع الدوّار . فان الاولاد الاكثر ثقلا يطيرون عاليا فوق الاولاد الاقل ثقلا . القوة ذاتها تطرد الماء من الغسيل الرطب في غسّالة منزلية وتسبّب الترسّب بالطرد المركزي .

٩







(١) . القوة التي تعيد الى الوراء البندول المتراوح مرورا بالمركز عموديا هي ثقله . فالبندول يتبع حركة تراوحية بتسارع يتناسب مقداره مع بعد البندول عن الخط العمودي المارّ بنقطة التعليق . ويكون اتّجاهه في اتّجاه هذه النقطة بالذات . هذا النوع من التحرّك يُسمّى « حركة توافقية بسيطة » . ان الوقت اللازم للبندول للقيام بدورة كاملة . اي للسير الى الامام ثم الى الوراء (اي مدّة التراوح الدوريّة = **ز**) يتناسب طردا مع الجذر التربيعي لطوله (**ط**) . يُسمّى عدد الدورات التي تتم كل ثانية « تردّد التراوح » ويقاس بالهرتز .

(٩) – يمكن للرياح الاستثنائية ان تسبّب بعض التراوح حتى في المباني الكبيرة والثقيلة . اذا استمرت التراوحات . تزداد سعة الاهتزازات تدريجيا . واذا ساوى تردّدها التردّد الطبيعي للمبنى . فقد يحدث رنين . فيؤدي ذلك الى تهديم المبنى بشكل كارثة . حدث مثل ذلك لجسور ومبانٍ عالية كناطحات السحاب . ربما كان اشهر الجسور التي حلّ بها ذلك جسر تاكوما ناروز المعلّق . في الولايات المتحدة . والظاهر في الصورة .

(١٠) – تحدث الحركة الدائرية « للطائرات » قوة طاردة مركزية ترفع الطائرات عن الارض . بينما تبقى القوة المركزية الجاذبة المقابلة والمساوية لها متجمّعة في توتّر الأذرع .

الموجات المتحركة والمستقرة

المقصود من خصائص هذه الصورة للأمواج ان تصف تغيّرات سعة الموجات المستوية المتحرّكة عبر البحر والموجات الدائرية (التموّجات) التي تنتشر من نقطة في بركة سقط فيها حجر . وموجات ضغط الهواء للصوت والموجات الكهرطيسية في الراديو والضوء (التي تتميّز بطول موجاتها) . في جميع هذه الأشكال التموّجية . تنتقل الطاقة باتّجاه حركة الموجة . اما الاهتزازات التي تحدثها الموجة في الوسط المنتشرة فيه . فهي تتّخذ اما اتّجاه الموجة ذاته محدثة « الموجات الطولية » . كما هي الحال في موجات الصوت . او اتّجاها متعامدا مع حركة الموجة محدثة « الموجات المستعرضة » . كما هي الحال في جميع الأمثلة الأخرى . الجسم الطافي في الماء يتحرّك صعودا ونزولا . عندما تمر الموجة ولا يتحرّك باتّجاهها . اذا ثُبّت خيط على طرفيه . ثم نُقر . يهتز الخيط بتردّده الطبيعي الذي يتناسب عكسا مع طوله وطردا مع $\sqrt{\text{ك / ت}}$ حيث تمثّل **ت** توتّره . و **ك** كتلته بوحدة الطول .

حالة الإهتزاز هذه تُسمّى « رنينا » هناك العديد من تطبيقات الرنين المفيدة . مثل دائرة الضبط في اجهزة الإلتقاط في الراديوات (**٤**) والآلات الموسيقية التي ربما كانت اكثر تطبيق ترتاح له الأذن .

الضغط والمنسوب

فرع الفيزياء الذي يهتم بالقوى والضغوط التي تعمل في السوائل والغازات يسمّى علم توازن السوائل · وهو ينظر ايضاً في كيفية تأثير هذه القوى على السطوح التي تمسّها . كما يُعنى بأوجه استعمالها العملية · فهو يعالج مثلاً مسائل متنوعة . كمسائل الغوص في اعماق البحار وصنع آلات قياس ارتفاع الطائرات . والطفو والغرق وتصميم المصاعد المائية وغير ذلك ·

مبدأ ارخميدس

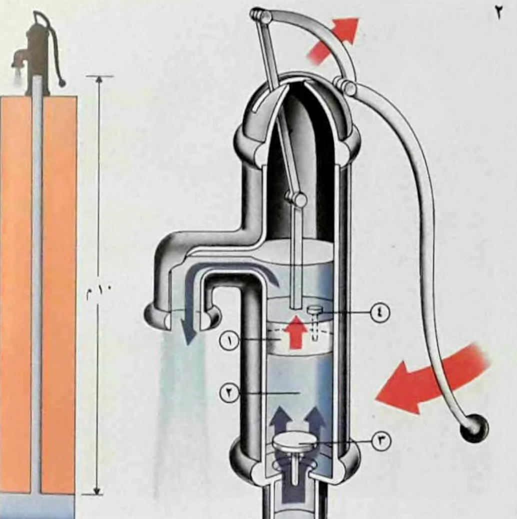
يفسّر علم توازن السوائل ما يحدث لجسم عندما يغطس في مائع · السوائل والغازات هي موائع . وبإمكانها بذل قوة او نقلها · فإذا





(١) ـ يقول مبدأ أرخميدس ان قوة الدفع على جسم مغمور في مائع تساوي ثقل المائع المُزاح (أ) · الكرة المعلقة بالميزان هي اثقل في الهواء،ث منها في سائل و (بمقدار يساوي ث ـ و) ، هذا الفرق في الثقل يساوي قوة الدفع الرافع التي تضغط على الجسم في السائل . أو بتعبير آخر هذا الفرق يعادل ثقل حجم السائل المُزاح اي ر ـ س . وهذا يساوي بدوره ث ـ و ·

المقياس المائي « الهيدرومتر » (ب) هو أحد تطبيقات مبدأ أرخميدس . وهو يستعمل لفحص حاشدات السيارات بقياس كثافة الحامض فيها · يتم ادخال الانبوب في حامض الحاشدة . ثم يضغط على البصيلة المطّاطية لطرد الهواء . ثم تترك لامتصاص الحامض في الأنبوب · عندئذ يطفو الهيدرومتر في الحامض على عمق يتوقّف على كثافة السائل ·



(٢) ـ يدفع مكبس (١) المضخة الى فوق عند تحريك الرافعة الى تحت · هذا ما يحدث بعض الفراغ في الاسطوانة (٢) · عندما يضغط الضغط الجوي على سطح الماء خارج المضخة . يندفع هذا الماء الى داخل الاسطوانة . فيعبر من خلال الصمام المفتوح (٣) ليملأ الجزء الأعلى من حجرة المضخة · ثم تحرّك الرافعة الى فوق . فيتحرك المكبس الى تحت . فيُغلق الصمام ٣ ويُفتح الصمام ٤ فيخترق المكبس المسحوب · عند نزول الرافعة في المرة الثانية يرفع الماء فيتدفق خارج المضخة . وتعاد الكرّة من جديد ·

(٣) ـ المانومتر آلة قياس ذات عمود من السائل نونيّ الشكل يستعمل لقياس الفروقات في ضغط مائع · لاحسن انواع المانومترات عمودان مختلفا القطر (١ ، ٢) . يستعمل اكبرهما كخزان (٢) · هذا

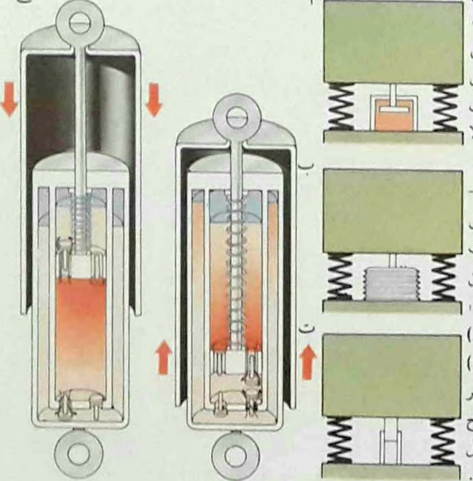
زُجّت فلّينة تحت سطح سائل ثم تُركت . فإنها تعود فوراً وتطفو على السطح . متأثرة بقوّة صاعدة ناجمة عن السائل تُدعى الدفع الرافع . وهي التي تبقي الفلّينة طافية على السطح . بالطريقة ذاتها تماماً تُحرّك منطاداً في الهواء قوة دفع مماثلة . لكنها قوة ناجمة في هذا المثل عن غاز (الهواء) لا عن سائل .

كان العالم الاغريقي أرخميدس (٢٨٧ - ٢١٢ ق ٠ م) أول من وضع هذه الحقيقة في قالب كمّي . بقوله : « عندما يكون جسم مغموراً كلياً أو جزئياً في مائع يتعرّض لدفع عمودي رافع يعادل ثقل المائع المُزاح » . يمكن دائماً التوصل الى معرفة مقدار الدفع باستعمال مبدأ أرخميدس (١) . لأن هذا المقدار يظهر بمظهر نقصان في ثقل الجسم . لهذا السبب يتوازن تماماً ثقل الجسم الطافي مع مقدار الدفع الرافع .

الاختلاف في القطر يجعل مستوى السائل في الخزان ثابتاً تقريباً . رغم الضغط . في حين انه يتغيّر بشكل ملحوظ في الانبوب الصغير . وهذا ما يمكّن من قراءة هذه التغيّرات بدقّة . يجري ضبط التغيّر البسيط في مستوى السائل في الخزّان بواسطة مؤشر المستوى (٣) . في البدء (أ) يكون مستوى السائل في العمودين واحداً . ثم يدخل الغاز المضغوط (ب) الى الخزان . فيظهر بوضوح الفرق في الضغط من الفرق بين مستويي العمودين .

(٤) - تعمل الرافعة المائية بموجب المبدأ القائل ان سائلاً غير قابل للانضغاط يوزع الضغط بالتساوي في جميع الاتجاهات . تعطي القوة الصغيرة ق العاملة على سطح ح ضغطاً يساوي ح / ق ، ينقل هذا الضغط الى سطح أكبر حـ . فيعطي قوة ق. بحيث نحصل على حـ / ق = ح / ق . تستعمل القوة الكبرى لرفع اثقال هامة . لكن هذه الاثقال لا ترتفع الا مسافة قصيرة م .

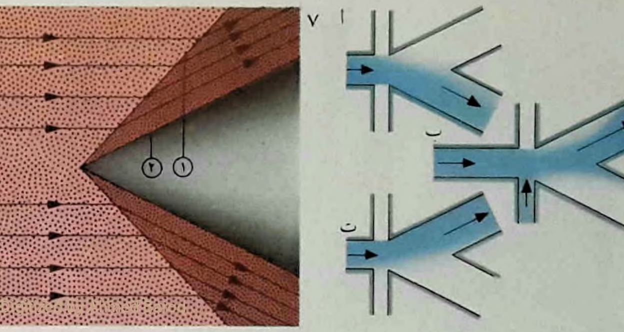
(٥) - يستعمل ممتص الصدمات لتخفيف الحركات الارتجاجية او كبحها . ويمكن استعمال اجهزة كابحة عدة ، يظهر الكبح بالزيت في (أ) وبالهواء في (ب) وبالاحتكاك في (ت) . اكثر الانواع شيوعاً هو الكابح بالزيت (ث) الذي يستعمل في السيارات والشاحنات . تحدد لزوجة الزيت وحجم الصمّام خصائص الكبح اي طريقة تخفيف الاهتزاز وسرعته .



القوى الداخلية في الموائع

بالإضافة الى قدرة الموائع على بذل قوة مثل الدفع الرافع . فهي تستطيع أيضاً احداث قوة داخلية على أي عمق كان . تنتج عن ثقل المائع الذي فوقه . يزداد هذا الضغط مع العمق في الموائع والغازات على حد سواء . لذلك فإن ضغط الماء العالي على أسفل السد يتطلب نوعاً من البناء تزداد متانته بازدياد العمق . لذلك ايضاً تكون غواصة الاعماق السحيقة ذات مقاومة قوية اذا ما قورنت بالغواصات العاديّة .

تقيس أبسط انواع البارومتر ارتفاع عمود من السائل (يكون اجمالاً من الزئبق) يرفعه او يبقيه مرفوعاً الضغط الجوّي . لكن هناك البارومتر المعدني الذي يحوّل تأثير الضغط على اسطوانة معدنية ذات جدار رقيق الى حركة آلية في إبرة تتحرك عبر صفيحة مدرّجة ومرقّمة . وهو يستخدم لقياس ارتفاع



(٦) ـ من شأن التيار الغازي ان يلتصق بأي سطح جامد مجاور . وتسمّى هذه الظاهرة « أثر كواندا للالتصاق بالحائط » . التيار الغازيّ الذي يستطيع المرور في قناتين متشابهتين (أ) يختار واحدة منهما فقط بالالتصاق بجدرانها . يمكن لتيار جانبي صغير (ب) ان يحرفه الى القناة الثانية (ت) . حيث يبقى حتى بعد زوال سبب الانحراف . هذا في علم الموائع مشابه للمفتاح الكهربائي .

(٧) ـ عندما تكون سرعة غاز دون سرعة الصوت . يمكن وصف انسيابه دون ان تؤخذ بعين الاعتبار قابليته للانضغاط . لكن عندما تفوق سرعة الغاز بـ ٠،٣ سرعة الصوت (**ماخ ١**) . ينضغط عندما يلتقي بجسم صلب . وينتج عن ذلك تغيّر في درجة الحرارة . فوق **ماخ ١** يحدث انضغاط مفاجىء وتتكون موجة صدمية . يظهر الرسم موجة صدمية (١) بسرعة **ماخ ٤** على المقدمة المخروطية (٢) لطائرة . على مقدمة الصدمة يتغيّر اتجاه الانسياب ويصبح الغاز أكثر كثافة .

(٨) ـ لمبدأ المصعد المائي تطبيقات عديدة . ربما يكون الجسر المائي المستعمل لاصلاح السيارات في المرائب أكثرها شيوعاً . لانواع أخرى من الآلات المائية تطبيقات عديدة أخرى في الصناعة والزراعة . كما في هذا المرفاع المائي الذي يستعمله عامل كهربائي لوضع اسلاك الهاتف والاسلاك الكهربائية ولصيانتها . لو كانت هذه الآلات تعمل تماماً كما هو مبين في الشكل ٥ . فلا بد لقوة الضغط اللازمة ان تتقدم امتاراً عدة لتحدث حركة بسيطة . في الواقع يصحح هذا النقص باستخدام مضخة مهمتها نقل الضغط اللازم الى المائع .

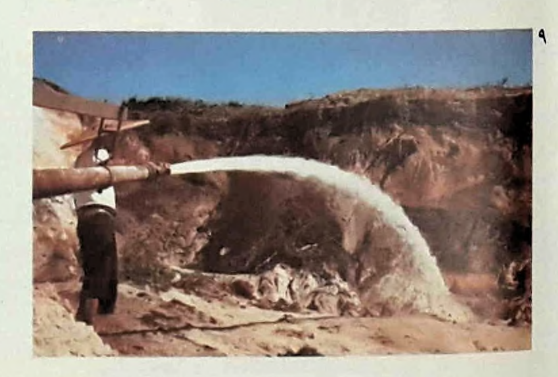
(٩) ـ يتم ضخ الماء الى « المدفع المائي » تحت ضغط شديد . ويدفع هذا الماء الى الخارج من خلال فوهة صغيرة القطر نسبيّاً . نتيجة لذلك يُدفع الماء الى الامام بقوة كبيرة وبسرعة فائقة . هذا يعني ان الماء يكتسب طاقة حركيّة كبيرة وقوة عظيمة يمكن استخدامها لاستئصال الصلصال الصيني الطري نسبياً من جدار مقلع ، كما تستعمل القدرة الكبيرة لمدفع الماء لتنظيف الجدران الخارجية للبنايات . في هذه الحالة . تضاف الى الماء مادة كاشطة بشكل مسحوق . لزيادة مفعول التآكل الذي للماء عندما يرتطم بالحائط المطلوب تنظيفه . فتزول الاوساخ المتراكمة .

الطائرات · تستعمل ايضاً قابلية ضغط الغاز لرفع عمود من السائل في المانومتر (٣) الذي يتكون اجمالاً من انبوب زجاجي بشكل U يحتوي على سائل يتحرك من طرف الى آخر بمقدار يتوقف على الفرق بين ضغطين يؤثران على الطرفين · نجد المبدأ ذاته مطبقاً في المضخة العادية التي ترفع الماء من بئر . فهي « تسحب » عموداً من الماء يدفع به من تحته الى فوق الضغط الجوّي الذي يعمل على سطح مصدر الماء · قد يبلغ ارتفاع هذا العمود نظريّاً ١٠,٣٦ م . الا ان المضخة من هذا النوع (٢) لا يمكنها في الواقع رفع الماء الى أكثر من ٨,٥ م ·

يمكن استعمال الضغط الخارجي لازاحة سائل . الا ان اكثر ما يستعمل بفعالية كبيرة هو الضغط الداخلي للسائل · فبما ان السائل غير قابل للانضغاط عمليّاً . فالضغط المبذول في نقطة فيه ينتقل بالتساوي الى جميع الجهات · يستعمل هذا المبدأ في المكابس المائية والرافعات المائية للسيارات ·

٨

٩



دراسة ديناميكا السوائل

كل ما سبق يتعلّق باستعمال الخصائص الساكنة للموائع · لكن لما كان المائع يعرّف بأنه شيء ينساب . كان على علم ديناميكا السوائل ان يدرس الخصائص الناتجة عن ذلك · الحركة تعدّل مقدار الضغط داخل السائل . ومن الصعب التنبؤ بهذا التغيّر بدقة · فالانسياب قد يكون منتظما (متناسقا) او مهتاجا عندما تتخلّله دوّامات · في هذه الحالة الاخيرة . يصبح من الصعب جدا حساب الضغط في النقط المختلفة من المائع · كان العالم السويسري دانييل برنولّي (١٧٠٠ ـ ١٧٨٢) اول من لاحظ ان الضغط ينخفض عندما تزداد سرعة السائل (مع ان هذا لا ينطبق الا على الحركة الانسيابية المنتظمة) · بناء على هذا المبدأ تُبنى اجنحة الطائرات كي تتمكّن من حمل الطائرة في الجو . فيُصنع جناح الطائرة بحيث تكون سرعة انسياب الهواء فوقه اكبر مما هي تحته . مما يحدث ضغطا الى اعلى . اي قوة دفع رافع ·

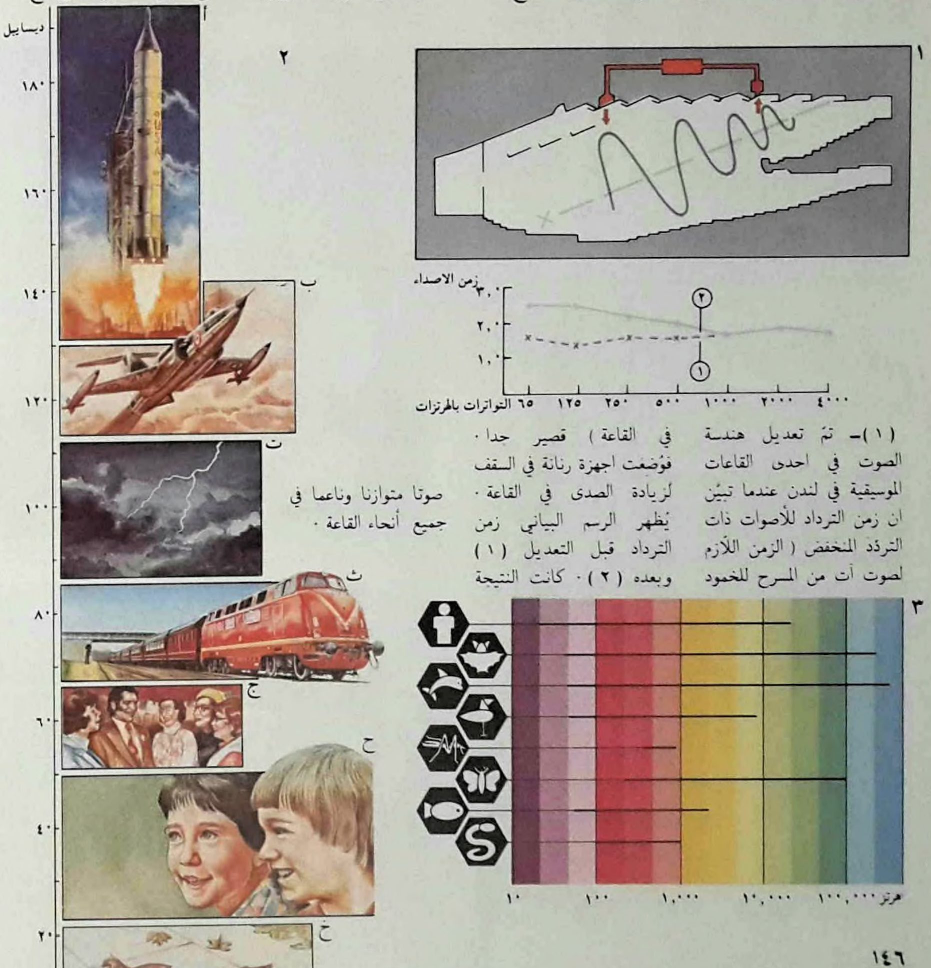
ماهو الصَّوت ؟

الصوت طاقة ، وهو مفيد للإنسان كغيره من أشكال الطاقة · ان ما للنطق والموسيقى من مدى واسع للتعبير يجعل من الصوت وسيلة فعّالة جدا للإتصال ؛ كما ان للأصوات ما فوق السمعيّة (أصوات فوق مدى سمع الإنسان) تطبيقات عمليّة عديدة ·

كيف يحدث الصوت

الصوت شكل خاص من الطاقة الحركية يحدث عندما يهتز جسم · فالإهتزاز مصدر جميع الأصوات ، مع انه اجمالا غير مرئي ·

عندما يهتز جسم ، يجعل جزيئات الهواء حوله تهتز · تنتشر الإهتزازات في الهواء بشكل موجة صوتيّة ، لكن الهواء لا ينتقل مع



(١)- تمّ تعديل هندسة الصوت في احدى القاعات الموسيقية في لندن عندما تبيّن ان زمن الترداد للأصوات ذات التردّد المنخفض (الزمن اللازم لصوت آت من المسرح للخمود في القاعة) قصير جدا · فوُضِعت اجهزة رنانة في السقف لزيادة الصدى في القاعة · يُظهر الرسم البياني زمن الترداد قبل التعديل (١) وبعده (٢) · كانت النتيجة صوتا متوازنا وناعما في جميع أنحاء القاعة ·

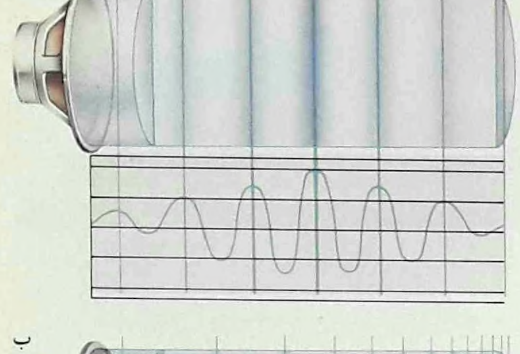
الموجة · حيث تتجمّع جزيئات الهواء بكثرة، تتكوّن منطقة ضغط عال (انضغاط) ، وحيث تتباعد الجزيئات ، تتكوّن منطقة ضغط منخفض (تخلخل) · اذا اهتز سطح بقوة اكبر، يزداد اختلاف الضغط بين الإنضغاطات والتخلخلات . فيأتي الصوت عاليا (٤) · تردّد الإهتزازات يؤثّر في نغم الصوت او درجته · فاذا كانت الإهتزازات سريعة . تكون الإنضغاطات والتخلخلات متقاربة . فتكون درجة النغم عالية · اما اذا كانت بطيئة . فالإنضغاطات والتخلخلات تتباعد . وتنخفض بالتالي درجة النغم · تنطلق الموجات الصوتيّة من مصدرها متّجهة في جميع الإتّجاهات . وتنتشر في الهواء . على مستوى سطح البحر. بسرعة **٣٣١** مترا بالثانية او **١١٩٤** كيلومترا بالساعة · تكون السرعة خفيفة في الأمكنة المرتفعة . لأن الهواء يكون فيها اقل كثافة . بينما تكون شديدة في

(٢) ـ يمكن قياس شدّة الصوت بالديسابيل · أدنى شدّة للأصوات يمكن للأذن ان تسمعها . وهي التي تكون على عتبة السمع . تساوي صفر ديسابيل · اذا زدنا عليها ١٠ ديسابيلات . تزداد الشدّة ١٠ مرات فوق هذا المستوى · وهكذا فأن صرخة شدّتها ٧٠ ديسابيلاً تعلو تقريبا ١٠ مرات محادثة شدّتها ٦٠ ديسابيلاً ، لكنها تعلو ١٠,٠٠٠ مرة شدّة همس بمستوى ٣٠ ديسابيلاً · يُظهر الجدول البياني علوّ بعض الأصوات قرب مصدرها · يُحدث صوت بمستوى ١٤٠ ديسابيلاً ألما · الأصوات المألوفة التالية تُظهر مدى سمع الإنسان : **(أ)** صاروخ فضائي عند انطلاقه ، ١٤٠ ـ ١٩٠ ديسابيلاً ؛ **(ب)** طائرة نفّاثة عند اقلاعها ، ١١٠ ـ ١٤٠ ، **(ت)** : صاعقة ، ٩٠ ـ ١١٠ ؛ **(ث)** قطار ، ٦٥ ـ ٩٠ ، **(ج)** محادثة بصوت عال ، ٥٠ ـ ٦٥ ، **(ح)** محادثة هادئة ٢٠ ـ ٥٠ ، **(خ)** حفيف اوراق الخريف اليابسة ، **صفر ـ ١٠** ·

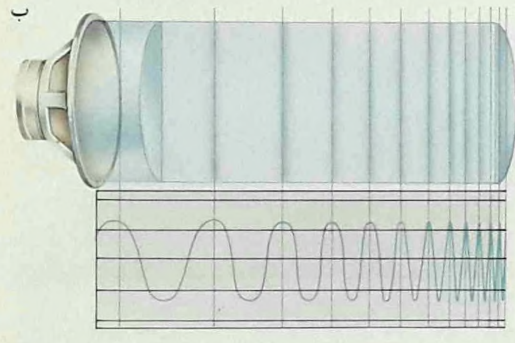
(٣) ـ يختلف المدى السمعي كثيرا عند الإنسان والحيوانات الأخرى · للإنسان والطير مدى سمعي متشابه تقريبا . وكلاهما يستعمل الصوت للإتّصال · للخفّاش والدلفين احساس بالأصوات فوق السمعيّة (فوق حدود سمع الإنسان) تعتمد عليه لتتجنّب الحواجز ولتعرف مواقع ضحاياها بواسطة الصدى · هنالك ادلّة على ان الدلفين وغيره من الحيتان تتّصل بعضها ببعضها الآخر بواسطة الأصوات فوق السمعية · كذلك تستعمل الفراشات الليليّة هذه الأصوات لتتمكّن من تجنّب الكواسر · تسمع البعوض مدى ضيّقا من الأصوات يقابل طنينها · الأسماك ايضا تسمع أصواتا ضمن مدى ضيّق جدا ·

٤

أ



ب



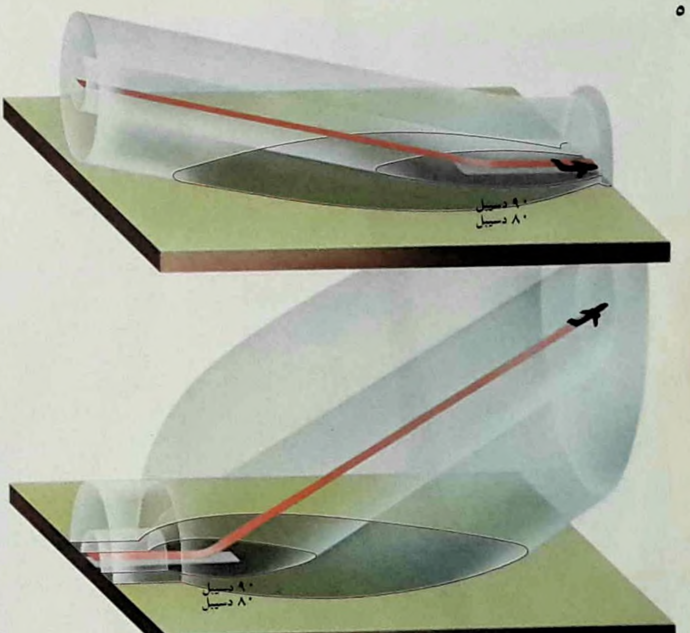
(٤) ـ تتألّف الموجة الصوتية من اختلافات في الضغط تظهر كأشرطة قاتمة وفاتحة (أ) · يبيّن المنحني كيف يتغيّر الضغط مع الزمن · لهذه الموجة (في الرسم) تردّد ثابت (نغم واحد) . لكنّ شدّتها ترتفع وتنخفض . وتُسمع وكأنها كلمة « واه » . وعندما تمرّ. يُسمع نغم يتلاشى (ب) · فالتردّد ينقص عندما ينخفض النغم . لكن الشدّة تبقى على حالها ·

الماء والمعادن . لأن هذه المواد اكثر لدونة من الهواء وتنقل الإهتزازات بسرعة اكبر . لا ينتشر الصوت في الفراغ لعدم وجود جزيئات غازيّة فيه تهتز فتنقل الصوت . ينتشر الصوت بخط مستقيم . مثله مثل غيره من الموجات الحاملة للطاقة . لكن بإمكانه الإستدارة حول الزوايا . وهو ينعكس . اذا اصطدم بسطح كالجدار (٦) او كأرضية غرفة . ويحيد او ينفلش اذا مرّ في فتحة كالنافذة (٧) .

الديناميكا ودرجة النغم والتردّد

يمكن قياس ارتفاع الصوت بواسطة مقياس يدعى ديسايبل ، وتُعطى النتيجة بالديسايبلات . المقياس لوغاريثمي . فارتفاع الصوت يتغيّر متناسبا طردا مع الجذر التربيعي لشدّته . اي ان صوتا يساوي ارتفاعه ضعفي ارتفاع صوت على عتبة السمع . يفوقه بعشرة ديسايبلات وليس بضعفين . لا تلتقط الأذن البشرية جميع تردّدات الصوت

٥



(٥) – الضجّة خطرة . وخصوصا بقرب طائرة . لذلك يلبس عمّال المطارات الذين يعملون على المدرج واقيات لحماية الأذنين . لكنّها بعيدا عن المطار تصبح ضجّتها مزعجة فقط . دون ان تشكّل خطرا . يصل مستوى الضجّة قرب المطارات الى حوالى ٩٠ ديسايبلاً . وهذا يكفي لمنع استمرار ايّة محادثة . بينما تصل على بعد بضعة أميال عنها الى ٨٠ ديسايبلاً . أي ما يعادل ضجّة حركة سير قويّة . هبوط الطائرة اكثر ضررا للأذن من اقلاعها . لأنها تظل مدّة اطول على ارتفاع منخفض فتحدث مزيدا من الضجّة . اما بعد الإقلاع . فأن الطائرة ترتفع بسرعة . فتصبح المسافة المتأثرة بصوتها أصغر . من جهة أخرى . يصبح صوتها اقرب ما يكون من الدمدمة . للفئة الجديدة من الطائرات النفّاثة (باستثناء الطائرات ما فوق السمعيّة) محرّكات اكثر هدوءا وتؤثّر في مساحة لا تتعدّى عشر المساحة التي كانت تؤثّر فيها الطائرات النفّاثة القديمة .

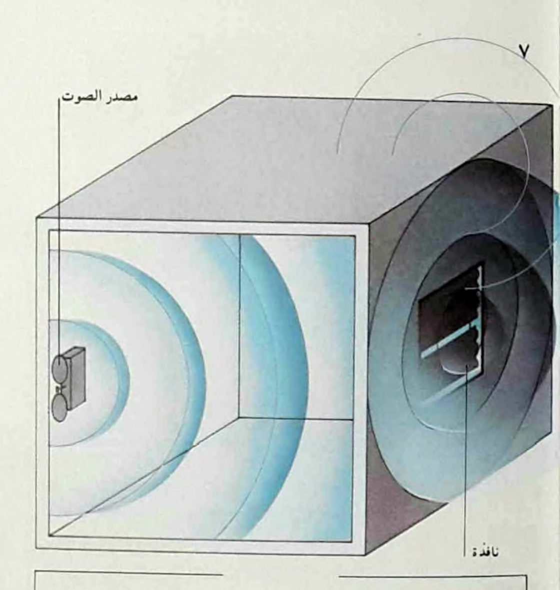
٦



(٦) – « بهو الهمس » . في قبّة كاتدرائية القديس بولس في لندن . مشهور بكمال الصوتيّات فيه . فالهمس على جهة من البهو يُسمَع بوضوح في الجهة المقابلة ، ذلك ان الجدران دائرية ومصنوعة من الحجر . فتعكس صوت الهمس الى جميع انحاء البهو وتركّزها في الجهة المقابلة . على بعد يبلغ ٣٢,٦ مترا . من المعلوم ان الهمس لا يُسمَع على مثل هذه المسافة في الظروف العادية .

بالطريقة ذاتها ؛ فهي تحسّ بصوت ثخين كما لو كان اقل ارتفاعا من صوت حادّ له الشدّة ذاتها ·

عدد الإنضغاطات التي تمر بنقطة معيّنة كل ثانية يُسمَّى تردّد الموجة الصوتية . وهو يقاس بالهرتز ، اي بعدد الذبذبات بالثانية · هذا المقياس ليس لوغاريثمياً ؛ فنغم ذو تردّد **٤٤٠** هرتزاً يُسمَع وكأنَّ ارتفاعه يساوي ضعفي نغم تردّده **٢٢٠** هرتزاً · بتعبير آخر ، كلما ارتفع التردّد ، ارتفعت درجة النغم ·



(٧) ـ بفضل ظاهرتيّ الإنعكاس والحيود يمكن سماع صوت . حتى لو كان مصدره غير مرئي · فالصوت ينعكس على سطوح الجدران وأرضيات الغرف والسقوف ؛ وهو ، فضلا عن ذلك ، يتعرّض للحيود عندما يمرّ بفتحات كالنوافذ والأبواب · عندما تمرّ الموجات الصوتيّة بحدود الفتحة . تنتشر حولها ، وبذلك تظهر الفتحة وكأنّها هي مصدر الصوت ·

الضجّة وعلم الأصوات

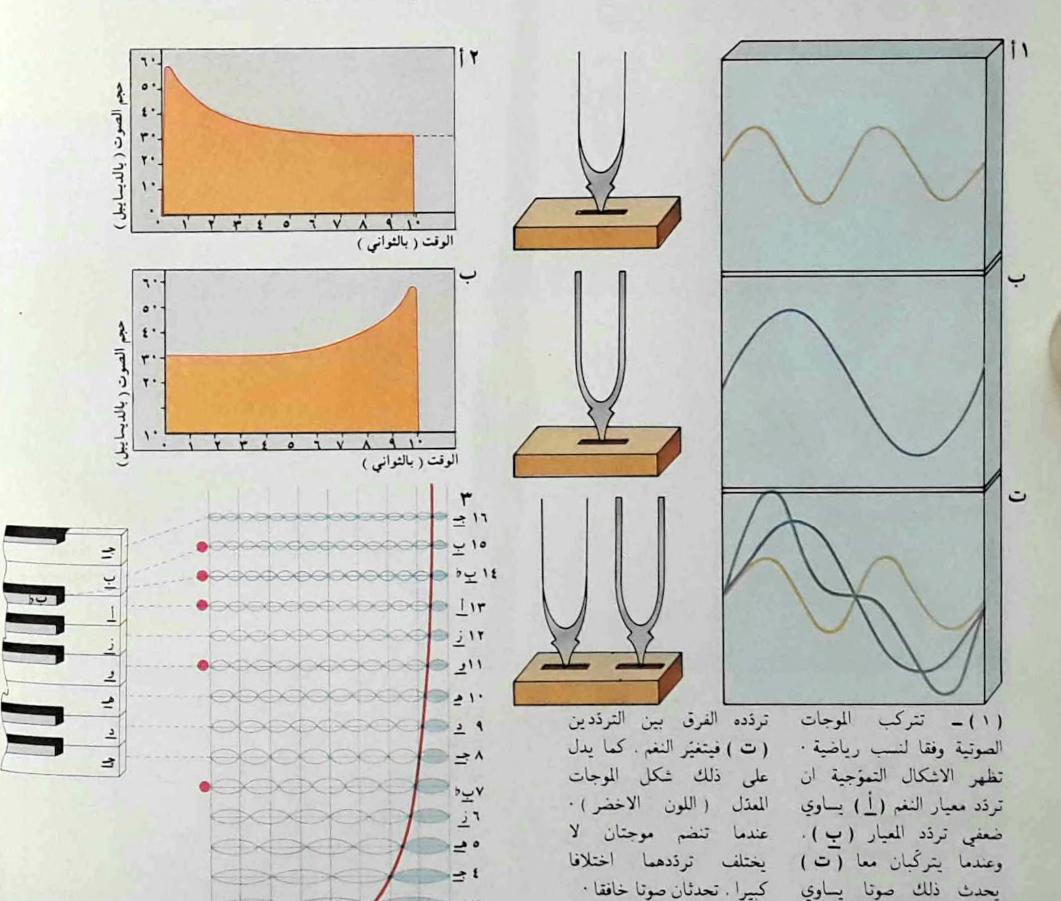
ليس للضجّة ايّة درجة خاصّة من النغم ، وهي تمتدّ على مدى واسع من التردّد (٢) · الضجّة العالية جدّا مضرّة ، فضلا عن انها مزعجة · فالتعرّض المستمرّ لأصوات يزيد ارتفاعها عن ١٠٠ ديسابيل (وهو مستوى ضجّة الطائرات النفّاثة (٥) والآلات في عدّة مصانع) لا يلبث ان يُضعِف ، بصورة دائمة ، المقدرة على السمع · لكنّ الأصوات ذات التردّد المنخفض هي خطرة بصورة خاصّة ، لأنها لا تبدو عالية كالأصوات العالية · وقد دلّت الإختبارات على انَّ الأصوات المرتفعة الشدّة والمنخفضة التردّد والأصوات دون السمعيّة (وهي أصوات تحت مدى سمع الأذن) سريعا ما تسبّب دوارا وغثيانا وأعراضا جسدية أخرى · يعمل مهندسو الصوت لتخفيف الضجّة وتحسين الصوت بطرق عديدة · فالإستعانة بعلم الصوت عند تصميم الآلات ، كمحرّك الطائرة النفّاثة مثلا ، يمكّن من تخفيف الضجّة التي يحدثها · يمكن ايضا تصميم الأبنية بحيث يضبط انتقال الصوت من خلالها · فمن شأن الهيكل الفولاذي للمبنى توزيع الصوت في جميع انحائه ؛ كما ان تغليف الأرضيات والجدران والسقوف بمواد ليّنة ممتصّة للصوت يمنع الصوت من دخول الغرف او الخروج منها · في القاعات الموسيقية ، يجب ضبط انعكاس الصوت بصورة تامّة داخل القاعة للحصول على القدر اللاّزم من الصدى وعلى أفضل نوعيّة من الصوت (١) ·

الأصوات الموسيقية

لماذا يختلف صوت آلة موسيقية عن صوت آلة اخرى الى هذا الحد ؟ لا شك ان طريقة العزف تختلف من آلة الى اخرى : فبعضها يقرع ، وبعضها يُنفخ فيه ، بينما بعضها الآخر يُلوى او يُنقر لاحداث انواع عدة من الاصوات . لكن ما هي العناصر او الخصائص المختلفة للصوت نفسه ؟

التردّد ودرجة النغم

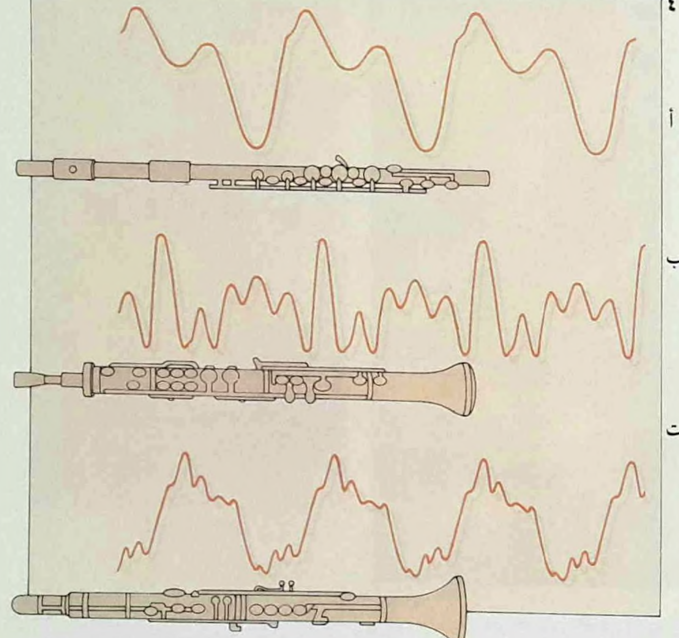
تُحدث كل آلة صوتا بجعلها شيئا ما يتذبذب . هناك علاقة بين تردّد الذبذبة ودرجة النغم الحاصل . فاذا كانت الذبذبات اكثر سرعة ، يكون عدد الذبذبات في الموجة الصوتية التي تصل الى الأذن (تردّد الموجة)



(١) – تتركب الموجات الصوتية وفقا لنسب رياضية . تظهر الاشكال التموّجية ان تردّد معيار النغم (أ) يساوي ضعفي تردّد المعيار (ب) . وعندما يتركّبان معا (ت) يحدث ذلك صوتا يساوي تردّده الفرق بين التردّدين (ت) فيتغيّر النغم . كما يدل على ذلك شكل الموجات المعدّل (اللون الاخضر) . عندما تنضم موجتان لا يختلف تردّدهما اختلافا كبيرا . تحدثان صوتا خافقا .

اكبر . وتكون درجة النغم اعلى · واذا انخفض تردّد الذبذبة . تكون درجة النغم ادنى · يقاس تردّد الموجة الصوتية (عدد الذبذبات بالثانية) بالهرتز · يقع مدى تردد الاصوات المسموعة لدى اكثر الناس ما بين ٢٠ هرتزاً و ٢٠٠٠٠ هرتز · الا ان بعض الحيوانات . كالخفافيش والكلاب . تسمع اصواتا تقع في مدى اوسع من ذلك بكثير · تحدث كل آلة مجموعة من النغمات تقع ضمن مدى خاص

منَ الدرجات · لكن كل نغم هو في الواقع تجمع لعدد كبير من النغمات · يُسمّى النغم الرئيسي . الذي تسمعه الأذن . النغم الأساسي · لكن كل آلة تحدث عددا من النغمات التي تعلو النغم الأساسي من حيث الدرجة . وتسمى التوافقيات · تحدث هذه التوافقيات . لأن الجسم المتذبذب . الذي يُحدث الصوت . يتذبذب بترددات عدّة في آن واحد . وتكون التردّدات الاضافية



(٢) - يجب سماع بدء الصوت للتمكن من التعرّف اليه· يظهر الرسم البياني ان نغم البيانو مثلا. يصل الى قمة حجمه بعد بدء العزف بقليل (أ) . ثم يبدأ أولاً بالهبوط السريع . قبل ان يصل الى مرحلة يهبط فيها ببطء خلال عدة ثوان · هذا ما يعطي الآلة « شخصيتها » الخاصة · اذا احدثنا النغم ذاته بواسطة الجرس القرصي . فهو يتطلب وقتاً أطول نسبياً لكي يتكون . ويأتي صوته مختلفاً تماماً رغم كونه بالدرجة نفسها · اذا استمعنا الى نغم البيانو ذاته على شريط مسجل (ب) ادير باتجاه معكوس . فإننا نلاحظ ان حجمه يزداد ببطء أولاً ثم يزداد بسرعة قبل ان يتوقف فجأة ؛ واذا سمعنا الصوت بدون بدئه . فإنه لا يعود يشبه صوت البيانو بل يقترب من الارغن·

(٣) - تنتج التوافقيات عن تذبذبات متزامنة لاجزاء صغيرة لسلك أو عمود هواء يهتز · توجد خمسة توافقيات غير متناغمة (مشار اليها بنقاط) .

(٤) - يظهر شكل موجات الناي (أ) والمزمار (ب) والشبابة (ت) اختلافا في انغامها ؛ فالشكل المستدير لموجة الناي يدل على ان صوت هذه الآلة رقيق وناعم · شكل موجة الشبابة مماثل للشكل السابق مع بعض النتوءات الناجمة عن وجود لسان للآلة · اما شكل موجة المزمار المسنّنة . فهو يُظهر ان الصوت رفيع « مزماري » · لكل نغم يصدر عن آلة تردّد اساسي . لكن له ايضا تردّدات اخرى تكون مضاعفات للتردّد الأساسي . تحدث مجموعة من التوافقيات اعلى منه · تلوّن هذه التوافقيات مجتمعة النغم الأساسي بالإنضمام اليه لإعطاء موجته شكلا معقدا ·

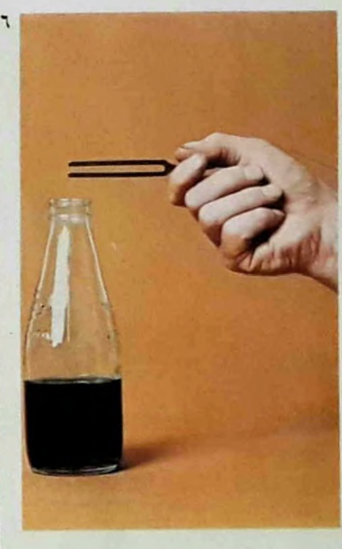
مضاعفات بسيطة للتردد الأساسي ·

تأثير حجم الصوت

حجم الصوت ، او درجة ارتفاعه ، هو خاصة اخرى للصوت الموسيقي · تستعمل الموسيقى التباين في الحجم على مقياس زمني طويل لإحداث التأثير الدرامي ؛ لكن ، على مقياس زمني قصير ، يصبح تغيّر الحجم عند بدء النغم اساسيا لحسن نوعية الصوت · من شأن خصائص بدء النغم (٢) ، التي تسمى العابرات ، ان تحدد هل النغم سيبدأ سريعا او سيأخذ وقتا لينطلق ·

للصوت الموسيقي خاصّتان أخريان في اغلب الحالات ؛ الصدى والاهتزاز · كثيرون يعتقدون ان الصدى يحسّن الموسيقى ، معطيا اياها صوتا اكثر غنى وتناسقا · وهو ينتج عن انعكاسات الصوت على جدران القاعة الموسيقية · وقد يضاف ، اصطناعيا ، الى

٥



٦

(٥) ـ الرنين هو جزء مهم من الصوت الموسيقي · يمكن التثبت من وجوده بواسطة قنينة حليب ومعيار النغم · يُنقر معيار النغم ويوضع فوق عنق القنينة فتحدث القنينة صوتا يكون تردده مرتبطا بطول عمود الهواء في داخلها · يمكن ضبط القنينة باضافة سائل ، فيرنّ ما تبقّى من عمود الهواء بتردد مماثل لتردد معيار النغم · عندئذ يسمع صوت المعيار مكبَراً · تستعمل الرنين آلات موسيقية عديدة · فالصوت المنخفض الحجم ، المنبعث من وتر متذبذب لكمان او قيثار مثلاً ، يصبح اقوى بفضل رنين الهواء الموجود في جسم الآلة الذي صنع شكله خصيصاً لتحقيق هذه الغاية ·

(٦) ـ تضم فرقة حديثة لموسيقى الجاز جميع انواع الآلات الموسيقية ، فتختلط فيها اصوات البوق والسكسية والطبول بالأصوات الكهربائية للمركُب والبيانو الكهربائي والقيثار الجهير والقيثار الكهربائي ·

التسجيلات . اما الاهتزاز ، فهو تموّج بسيط في درجة النغم يحب عدد من الموسيقيين استعماله ؛ يقوم تصنيف الآلات الموسيقية أساسيا على طبيعة ما يهتز فيها . ففي الآلات الوترية ؛ الكمان ، الكمان الاوسط ، الكمان الجهير ، الدوبلباس ، القيثار ، البيان ، البيان القيثاري والقيثارة ، يهتز وتر مشدود بحكّه بقوس ، او بنقره بالاصابع او بريشة ، او بضربه بمطرقة ليّنة . كلما ازداد طول الوتر

(٧) ـ تمتد الاصوات التي تحدثها الآلات الموسيقية ، من اعمقها الى اعلاها في كل مجموعة ، بين اطراف المدى الكامل لسمع الانسان . فلمجموعة آلات النفخ الخشبية ، بنوع خاص ، مدى واسع . فالنغم الادنى للزمخر وتوافقيات (بالخط المتقطع) السُرناي تقع قرب حدَي السمع الأعلى والادنى .

انخفض النغم ؛ وتتعدل النغمات بضغط الوتر على ملعب الأصابع لتغيير طوله او بالعزف على وتر طوله مختلف . يتأثر النغم ايضا بتوتّر الوتر وسماكته .

انواع الآلات الموسيقية

تعمل آلات النفخ الموسيقية بجعل عمود هواء يهتز . فشفتا العازف تهتزان على فوهة الآلات النحاسية كالبوق (٦) والمتردّدة ، والنفير . في بعض آلات النفخ الخشبية كالزمخر والمزمار (٤ ـ ب) والشبابة (٤ ـ ت) ، تحتوي فوهة الآلة على لسان او لسانين يهتزان . في الناي (٤ ـ أ) ينفخ العازف في ثقب لجعل عمود الهواء داخل الآلة يهتز . عندما يضغط العازف على مفاتيح او على صمامات في الآلة ، فأنه يعدّل من طول عمود الهواء ويحدث نغمات مختلفة الدرجة (٥) .

يتم العزف على بعض آلات النقر بالقرع ، اما على جلد مشدود كما في الطبل ، او على جسم صلب (على قرص معدني كالصنج) . آلات النقر المضبوطة تعطي نغمات بدرجة محدّدة . من هذه الآلات الآلة المسمّاة الرنانة ، والأخرى المسمّاة الكسيلوفون التي يتم القرع فيها على قضبان خشبية او معدنية مختلفة الاطوال ، فتحدث نغمات بدرجة متفاوتة . الآلات الكهربائية تلتقط ذبذبة وتر (كما في القيثار الكهربائي) او قضيب (كما في البيانو الكهربائي) وتحوّلها الى اشارة كهربائية تمرّ بمضخّم ثم بمكبّر للصوت . في الآلات الإلكترونية ، كالأرغن الإلكتروني والمركّب ، تعطي دوائر كهربائية متذبذبة الاشارات الكهربائية .

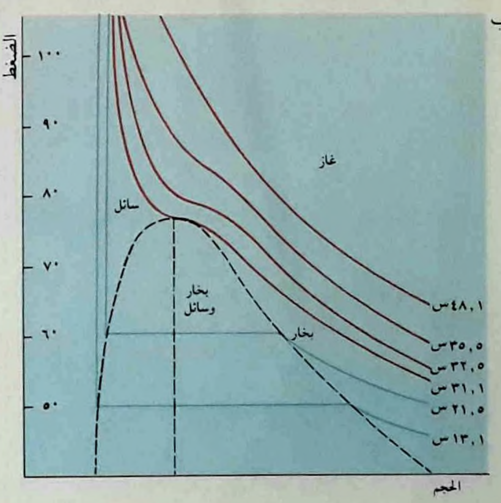
حالات المادة : الغازات

كل شيء في العالم - كل ما هو مادي - موجود في احدى حالات ثلاث اساسية : فإما ان يكون غازاً . أو سائلاً . أو صلباً . يمكن لبعض المواد ان تكون في الحالات الثلاث تتابعاً . وفقاً لدرجة الحرارة . فالماء . مثلاً . في درجات الحرارة العادية هو سائل . لكنه يصبح غازاً (بخاراً) فوق ١٠٠° سنتيغراد (٢١٢°ف) وصلباً (جليداً) تحت الصفر السنتيغرادي (٣٢°ف) .

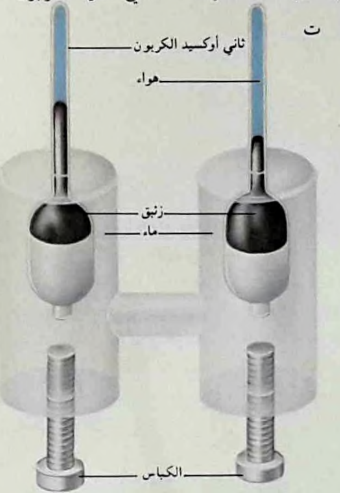
كل مادة مؤلفة من ذرّات أو جزيئات تتماسك بفعل قوى التجاذب فيما بينها . الجزيئات في حركة مستمرة تتوقف شدتها على درجة الحرارة . تحد من هذه « الحركة الحرارية » وتقيدها قوى التجاذب بين

أ

ب



ت



(١) - في المحاولات الاولى لإسالة الغازات (أ) كانت تخضع الغازات لضغط عال . اسيلت بعض الغازات بهذه الطريقة . لكن توازناً ديناميكياً كان يحصل بين الحالتين الغازيّة والسائلة (اي ان عدد الجزيئات التي تدخل السائل والتي تخرج منه كانت تتعادل) . نتجت فيما بعد عن اختبارات توماس اندروز (١٨١٣ - ١٨٨٥) (ت) تقنات مكنت من اسالة غازات كثيرة اخرى . يزداد الضغط بتشغيل الكباسات ثم ينتقل مع الماء الى الغاز والهواء في الانابيب العليا . اذا افترضنا ان الهواء يخضع لقانون بويل . فإن تغيّر حجمه يعطي قياسي ضغطه . تمثل الرسوم البيانية التي ترسم تغير الضغط مع الحجم . وتسمّى خطوط تساوي درجة الحرارة (ب) . حالات الغاز المختلفة . يدل الخط الأفقي الأزرق على الإسالة وهو لا يظهر قبل هبوط الحرارة الى ما تحت ٣١,١°س (٨٦°ف) وهي درجة الحرارة الحرجة لثاني اكسيد الكربون .

الجزيئات . فتبقيها متماسكة . يسمّي العلماء هذه النظرة الى المادة النظرية الحركية .

النظريّة الحركيّة للغازات

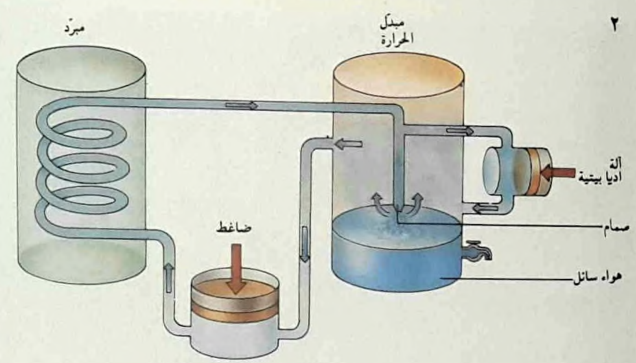
تغلب الحركة الحرارية في الغازات . فجزيئاتها تتحرك بسرعة في الفضاء وتتصادم باستمرار مع الجزيئات المجاورة ومع جدران الوعاء الذي يحتويها . هذه التصادمات تفسر الضغط الذي ينشأ عن الغاز المحصور (٣) .

قام العلماء بقياسات تؤكد النظرية الحركية للغازات . فالمعروف ان لتراً من الاكسيجين مثلاً يحتوي على ٣ × $١٠^{٢٢}$ (٣٠٠٠٠ مليون مليون مليون) جزيء . في ظروف الحرارة والضغط القياسيين . أي حرارة صفر° **س** (**٣٢°ف**) وضغط **٧٦٠ مم** زئبق . تتحرك هذه الجزيئات بسرعة **٤٣٠ م / ث** تقريباً .

قانون بويل ومبدأ افوغادرو

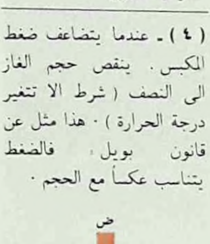
عندما ترتفع درجة الحرارة . تزداد الطاقة

٢



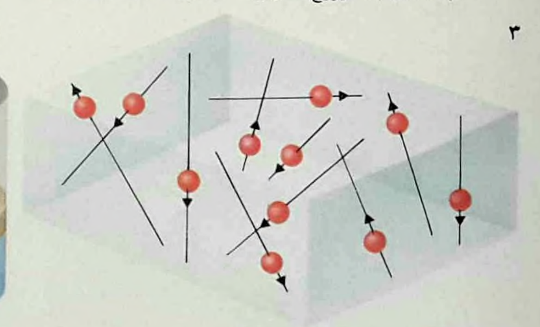
(٢) ـ في مسيّل للهواء . يضغط على هواء تخلّص سابقاً من بخار الماء ومن ثاني اكسيد الكربون . ثم يبرّد بواسطة براد حتى **ـ ٢٥°س** (**ـ ١٣°ف**) . فيزيح مكبس محرك اديا باتي . فتنزل حرارته حتى **ـ ١٦٠°س** (**ـ ٢٥٦°ف**) . يبرّد هذا الهواء الجزء الآخر من الهواء المضغوط ضغطاً عالياً والمنساب في الانابيب الموجودة على محور الاسطوانة . يحدث التبريد النهائي بموجب اثر جول ـ تومسون . عندما يتمدد الهواء وهو خارج من الصمام .

(٣) ـ تتحرك جزيئات الغاز باستمرار بمختلف السرعات والاتجاهات . ينتج الضغط عن اصطدامات الجزيئات مع جدران الوعاء . يكون عدد الجزيئات . حتى في اصغر الاحجام . كبيراً لدرجة ان الضغط يظل واحداً في جميع اجزاء الوعاء . الضغط يتناسب طرداً مع عدد الجزيئات في وحدة الحجم ومع معدل الطاقة الحركية للجزيئات .



(٤) ـ عندما يتضاعف ضغط المكبس . ينقص حجم الغاز الى النصف (شرط الا تتغير درجة الحرارة) . هذا مثل عن قانون بويل . فالضغط يتناسب عكساً مع الحجم .

٣



٤



الحركية للجزيئات بمقدار يتناسب طرداً مع تغيّر الحرارة المطلقة . في الخليط من الغازات يصبح معدل الطاقة الحركية لكل نوع من الجزيئات واحداً . عندما ينضغط غاز (اي عندما يتغير حجمه تحت درجة حرارة ثابتة) يتناسب حجمه عكسياً مع الضغط . هذه العلاقة معروفة بقانون بويل . نسبة الى العالم البريطاني روبرت بويل (١٦٢٧ - ١٦٩١) الذي اكتشفه .

هنالك قانون آخر اساسي للغازات يسمى مبدأ افوغادرو . نسبة الى الفيزيائي الايطالي اماديو افوغادرو (١٧٧٦ - ١٨٥٦) . يقول هذا المبدأ : عندما تكون درجة الحرارة واحدة ويكون الضغط واحداً يكون لجميع الغازات . اذا كان حجمها متساوياً . عدد متساو من الجزيئات .

تنتشر الغازات ببطء من خلال جدران وعاء نفيذ . لأن جزيئاتها تكون أصغر من



٥

(٥) - الغاز المضغوط مخزن للطاقة الكامنة ويمكن جعله يؤدي شغلاً مفيداً بتمدده . يستخدم هذا في المثقاب الهوائي والمطرقة الهوائية ومرشّات الدهان الآلية .

(٦) - في هذا الرسم البياني للحركة البراونية (أ)(التي تدل على صحة النظرية الحركية) . تمثل النقاط الموقع المسجّل للجسيم في نهاية فترات زمنية قصيرة متساوية . تدل الخطوط التي تربط تلك النقاط على الطريق التي اتبعها الجسيم في حركته العشوائية . يمكن رؤية شعاع ضوء شمسي عند انعكاسه على جزيئات الدخان . لمشاهدة الحركة البراونية بواسطة المجهر . يستعمل المبدأ نفسه .

(٧) - خزانات الغاز هي مستودعات لخزن غاز الفحم او الغاز الطبيعي . وفيها امكانية لقياس كمية الغاز . لذلك تسمّى ايضاً مقياسات الغاز . وهي تمكّن من المحافظة على ضغط ثابت للغاز .

(٨) - يتناسب معدّل انتشار الغاز عكساً مع كثافته . استعمل هذا المبدأ (المسمّى مبدأ غراهم) لفصل نظائر الاورانيوم في مختبرات اوك ريدج في الولايات المتحدة خلال الحرب العالمية الثانية . وذلك لصنع القنابل الذرية والمفاعلات النووية .

٦أ

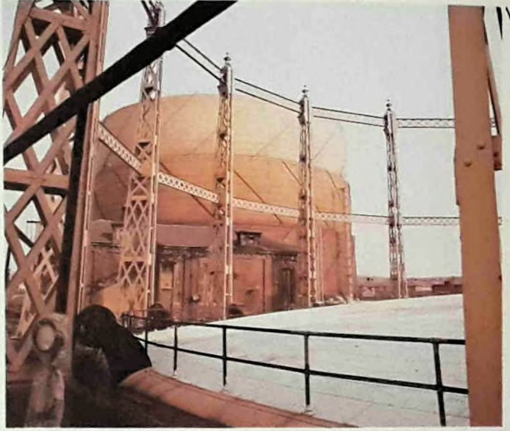
ب



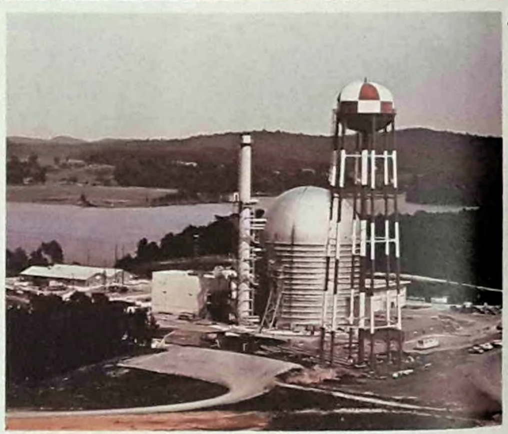
مسام تلك الجدران . معدّل النفاذ هذا يتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لكثافة الغاز . هذه العلاقة اكتشفها الفيزيائي البريطاني توماس غراهم (١٨٠٥ - ١٨٦٩) . ولذلك سميّت بقانون غراهم (٧) .

الحركة البراونية

تدل الظاهرة المعروفة بالحركة البروانيّة (٦) دلالة مباشرة على صحة النظرية



٧



٨

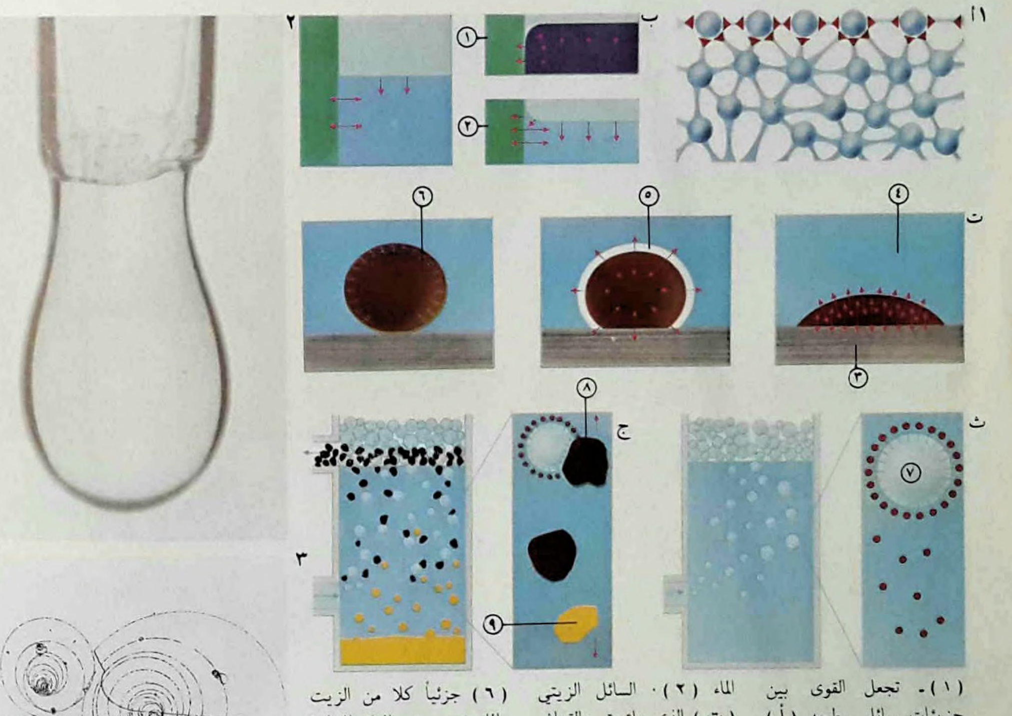
الحركية . يمكن رؤية الدخان في شعاع شمسي يمر في غرفة . ويمكن احداث الظاهرة ذاتها بالنظر من خلال المجهر الى جسيمات الدخان الموجود في علبة . فترى جسيمات صغيرة مضاءة تتحرك بطريقة عشوائية ، مسافة صغيرة باتجاه معيَن أولاً ، ثم في اتجاه ثان ، وهكذا دواليك . تكون الحركة لدى جزيئات الدخان الكبيرة قليلة وبطيئة ، لأن طاقتها الحركية تعادل الطاقة الحركية لجزيئات الهواء ، لذلك تتحرك بسرعة أخف . عندما يتمدد الغاز ، لا بد له من بذل طاقة لمقاومة الضغط الخارجي . لذلك نراه يصبح أكثر برودة ، لأن الطاقة اللازمة له تؤخذ من طاقته الحركية . هذه الظاهرة تفسر برودة الهواء المنفلت من اطار سيارة . عندما يحدث هذا النوع من التغيّر في الضغط بدون تبادل حرارة مع المحيط الخارجي ، يسمّى تغييراً اديا باتيّاً .

تدعى الحرارية النوعية لمادة ما كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة وحدة كتلتها درجة سنتيغراد واحدة .

لكل غاز حرارتان نوعيتان رئيسيتان : الحرارة التي تقاس عندما يكون الضغط ثابتاً ، والحرارة التي تقاس عندما يكون الحجم ثابتاً . تصبح أكثر الغازات سوائل ، اذا تعرضت لضغط كاف . لكن الإسالة بالضغط وحده (١) مستحيلة فوق « درجة الحرارة الحرجة » . السبب في ذلك هو ان الطاقة الحركية للجزيئات فوق هذه الدرجة تصبح كافية للتغلب على التجاذب بين كل جزيء وجيرانه . لذلك يسيّل العلماء الغازات (٢) باستعمال التأثير المبرد للتمدد الاديا باتي .

حالات المادة : السّوائل

يحتل السائل حجماً محدداً ، ومع ذلك فهو ينساب . تبرهن الخاصية الأولى على التجاذب بين جزيئات السائل ، بينما تظهر خاصية الانسياب ان لجزيئات السائل حرية اوسع من حرية الجزيئات المرصوصة في شبكية جسم صلب . تهتز جزيئات السوائل باستمرار (بمعدّل مليون مليون مرة في الثانية) ، وتتبادل مواقعها بالمعدّل ذاته تقريباً . لا يتأثر السائل بالقوة المحاولة ان تبضعه كما تتأثر بذلك الاجسام الصلبة . وذلك لأن الضغط المبذول في نقطة معيّنة منه هو واحد في جميع الجهات . تساوي القيمة الحقيقية للضغط حاصل ضرب عمق السائل بكثافته وبالتسارع الناجم عن الجاذبية الأرضية . لهذا السبب .

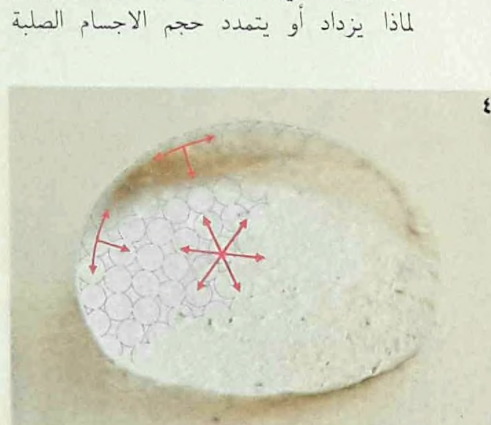


(١) - تجعل القوى بين جزيئات سائل سطحه (أ) يبدو كغشاء مشدود . ينحني هذا السطح في وعاء زجاجي (ب) وفقاً لمقدرة الزجاج على جذب السائل فهي ضعيفة مع الزئبق (١) وشديدة مع الماء (٢) . السائل الزيتي (ت) الذي يلتصق بالقماش (٣) يجذبه الماء (٤) بقوة ضعيفة . بينما تكوّن المادة المنظّفة طبقة سطحية (٥) جديدة تنجذب الى كل من الزيت والماء (تشبه هذه المادة (٦) جزئياً كلا من الزيت والملح) . بعض المواد المنظفة (ث) تمنع فقاقيع الغاز (٧) من الانهيار . جاعلة من الممكن (ج) - بفضل التعويم - فصل المعدن الخام (٨) عن التراب والرمل (٩) .

تتمكن الاجسام الصلبة من الطفو على سطح سائل . وحتى المغمورة منها تتعرض لقوة دفع رافع يساوي مقدارها ثقل السائل المزاح . ويعرف هذا بمبدأ ارخميدس .

بنية السوائل

اظهرت الطرائق العلمية المستعملة لدراسة بنية الاجسام الصلبة ، (مثل حيود الاشعة السينية) ، ان هناك احياناً اجزاء صغيرة من السوائل تصطف جزيئاتها بترتيب ، لكن ليس هناك ترتيب اجمالي ثابت ، كما في الاجسام الصلبة . ففي جسم صلب سداسي مؤلف من صفوف مرصوصة مثلاً ، يجاور كل جزيء ١٢ جزيئاً غيره . بينما يتراوح هذا العدد في السائل ما بين ٤ و ١١ ويتغير باستمرار . معدل المسافة بين جزيئات السائل هو أكبر منه في الجسم الصلب ، وهذا ما يفسر لماذا يزداد أو يتمدد حجم الاجسام الصلبة





(٢) - تأخذ نقطة ماء ، في طرف انبوب زجاجي ، شكلها بفعل التوتر السطحي ، وذلك نتيجة للتوتر السطحي الذي يجذب الجزيئات الخارجية نحو مركز كتلة السائل ، فيعطيها نوعاً من غشاوة تتخذ شكلاً كروياً . يأتي مشوّهاً ، لأن قوة الجاذبية تؤثر عليها أيضاً بالاضافة الى قوى التوتر السطحي .

---

(٣) - في حجرة « الفقاقيع » ، يتم تسخين سائل خال من الغبار ، في وعاء نظّف تنظيفاً تاماً ، الى اعلى من درجة غليانه . ويخضع لضغط اضافي لجعله مستقراً . فإذا ادخلت جسيمات مشحونة الى الحجرة تتكون الفقاقيع حول « النوى » المشحونة التي تتركها الجسيمات وراءها على طول طريقها فيصبح هذا الطريق مرئياً. يستعمل اجمالاً لهذه الغاية الهيدروجين السائل .

---

(٤) - تصوب جميع جزيئات السائل قواها الجاذبية على جاراتها المباشرة . في وسط السائل يبطل مفعول هذه الجزيئات مفعول بعضها الآخر . أما على السطح ، فالتجاذب يحدث نحو داخل السائل فقط (اذ لا توجد جزيئات خارج السطح لموازنته) . هذا ما يحدث توتراً في السطح يجعله يتصرف وكأنه « جلد » يشد بنقط الماء لتتخذ شكلاً كروياً .

---

(٥) - زيت المحركات أكثر لزوجة من الماء ، كما يظهر عند صبه . فالماء ينسكب بسهولة تفوق سهولة صب الزيت ، لأن طبقات جزيئات الماء تنزلق بسهولة أكثر من طبقات جزيئات الزيت . تنقص لزوجة الزيت عادة عند ارتفاع درجة الحرارة . يجب ان يكون للزيت المستعمل في حالات خاصة خصائص انزلاق معيّنة . وقد قام العلماء بابحاث كثيرة لانتاج الزيت الملائم للسيارات ، ومنها زيوت تتغير لزوجتها بمقدار قليل عندما تسخن . عندما ينساب سائل داخل انبوب بحركة انسيابية منتظمة ، فجزؤه الملتصق بالانبوب يبقى ساكناً .

عندما تذوب · لكن لا يمكن حشر الجزيئات في السائل ليزداد تقاربها (السائل غير قابل للانغاط اجمالاً) · نتيجة لذلك يتمكن السائل من نقل الضغط في انبوب (٧) من طرف الى آخر .

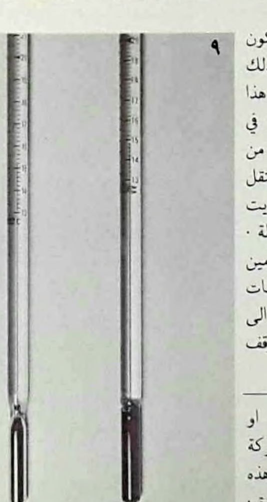
التبخر والغليان

عندما يسخن سائل . تزداد حركة جزيئاته أكثر فأكثر حتى يتحوّل . عند درجة الغليان . الى غاز أو بخار · تسمّى الطاقة الحرارية اللازمة لتحويله الى بخار حرارة التبخير الكامنة · كذلك عندما يبرّد السائل . تتناقص سرعة حركة جزيئاته حتى تأخذ الجزيئات مواقع ثابتة . فيتجمّد السائل ويصبح صلباً (التصلّب) · كمية الحرارة اللازمة لتذويبه من جديد واعادته الى حالته السائلة والى درجة حرارتها السابقة تسمّى حرارة الصهر الكامنة · حتى في درجات

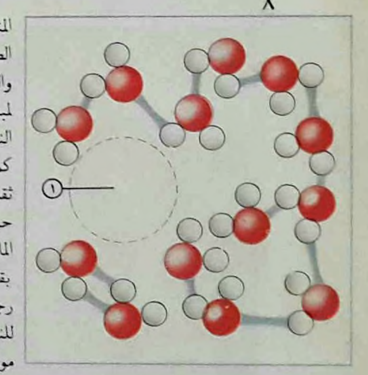
٦



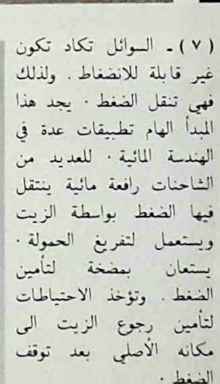
٧



٨



٩



(٦) ـ النفط هو من المصادر الرئيسية للطاقة وللمواد الكيميائية · تنقل كميات ضخمة من النفط الخام بواسطة الناقلات من البلدان المنتجة الى البلدان المتقدمة في الصناعة كالولايات المتحدة واليابان واوروبا . وفاقا لمبدأ ارخميدس . تزيح الناقلة . لتتمكن من الطفو . كمية من ماء البحر يساوي ثقلها ثقل الناقلة . ويكون حملها (النفط) أقل كثافة من الماء · تغوص الناقلة . أكثر بقليل . في المياه الدافئة · اثناء رجوعها الى البلدان المنتجة للنفط . تحمل الناقلات ثقلاً موازناً من الماء لتصبح أكثر استقراراً · واذا حصل حادث مؤسف . فإن النفط الذي يفلت يطفو على سطح الماء . مشكّلاً نوعا من التلوّث .

(٧) ـ السوائل تكاد تكون غير قابلة للانضغاط . ولذلك فهي تنقل الضغط · يجد هذا المبدأ الهام تطبيقات عدة في الهندسة المائية · للعديد من الشاحنات رافعة مائية ينتقل فيها الضغط بواسطة الزيت ويستعمل لتفريغ الحمولة · يستعان بمضخة لتأمين الضغط . وتؤخذ الاحتياطات لتأمين رجوع الزيت الى مكانه الأصلي بعد توقف الضغط .

(٨) ـ ذرات جميع المواد او جزيئاتها هي في حركة مستمرة · تتوقف طاقة هذه الحركة على درجة الحرارة .

الحرارة العادية (تحت درجة الغليان) . « تقفز » بعض الجزيئات خارج سطح السائل لتكوين بخار . أي تتبخر . في وعاء مغلق . يقوم توازن بين السائل وبخاره المشبع . بحيث ان معدل مغادرة بعض الجزيئات للسائل يساوي معدل رجوع البعض الآخر اليه . عندما يغلي سائل . لا بد للبخار المتصاعد منه من بذل بعض الشغل للتغلب على الضغط الجوي . واذا خُفّض الضغط على السائل . فإنه يغلي بدرجة حرارة ادنى . واذا ازداد الضغط ارتفعت درجة الغليان . لا يحدث الغليان بدون وجود جسيمات صغيرة في السائل تتكون عليها فقاقيع البخار . هذه الظاهرة هي ما يسبب « الارتجاج » الذي يحدث عند غليان الماء النقي . وهي اساس مبدأ حجرة فقاقيع الهيدرويجن السائل (٣) .

التوتر السطحي واللزوجة

ينجذب كل جزيء في وسط السائل الى الجزيئات المحيطة به . وتكون محصّلة هذه القوى صفراً . لكن ليس هناك قوى تشد الجزيئات التي على سطح السائل الى فوق لموازنة القوى التي تجذبها الى تحت . لذلك يميل الجزيء الذي على سطح السائل الى الانجذاب الى وسطه (٤) . لذلك يبلغ عدد الجزيئات في السطح حده الأدنى . فيتصرف السطح وكأنه متوتر . أو كأنه مصنوع من « جلد » . يمكّن هذا الأثر « الغشائي » للتوتر السطحي اجساماً صغيرة وكثيفة كالأبر أو الحشرات « بالطفو » على سطح الماء . اذا كانت قوى التماسك التجاذبية بين جزيئات السائل كبيرة . يكون التوتر السطحي كبيراً ؛ وكذلك تكون اللزوجة (قوة الالتصاق) ايضاً .

ترطّب الماء الكأس . لأن قوة التماسك بين جزيء الماء وجزيء الزجاج هي أكبر من تلك التي بين جزيئي الماء (١) . والعكس هو الصحيح بين الزجاج وسائل كالزئبق . فسائل كالماء يرتفع في انبوب شعري غطّس فيه وينحني سطحه الهلالي الى الداخل . اي يتقعّر ؛ بينما ينخفض سطح الزئبق في انبوب شعري . وهو ينحني نحو الخارج . اي انه يتحدّب .

في السوائل . تمنع هذه الحركة تكوّن اية بنية دائمة من الجزيئات . لكن قوى التجاذب تتحكم بالحجم الاجمالي . في الماء تتكون وصلات عدة عابرة (تظهر بالازرق) بين الجزيئات . وتتكوّن تجويفات صغيرة جداً وتضمحل . معطية الماء بنية مستمرة التغير .

(٩) - تعتمد الطريقة الأكثر شيوعاً لقياس درجة الحرارة على تمدد السائل عند تسخينه . لميزان الحرارة الزئبقي (الى اليمين) مدى كبير **(من - ٣٩ س الى ٣٦٠ س)** . لكنه يحتاج الى بصيلة (خزان) كبيرة وانبوب ضيق اذا اريد كشف تغيرات صغيرة في درجات الحرارة . تستعمل الكحول في موازين الحرارة لقياس الدرجات المتدنية . فالكحول تتمدد أكثر . لكنها تغلي بدرجة ٧٨ **س** . تكمن الميزة الرئيسية للموازين المؤلفة من سائل داخل وعاء زجاجي في انها تمكّن من قراءة درجة الحرارة مباشرة . كما يمكن نقلها بسهولة .

(١٠) - تختلف السوائل بخصائصها الفيزيائية . كدرجة الغليان واللزوجة (الالتصاق) . للماء والنبيذ درجة غليان واحدة تقريباً . وكلاهما قليل اللزوجة .

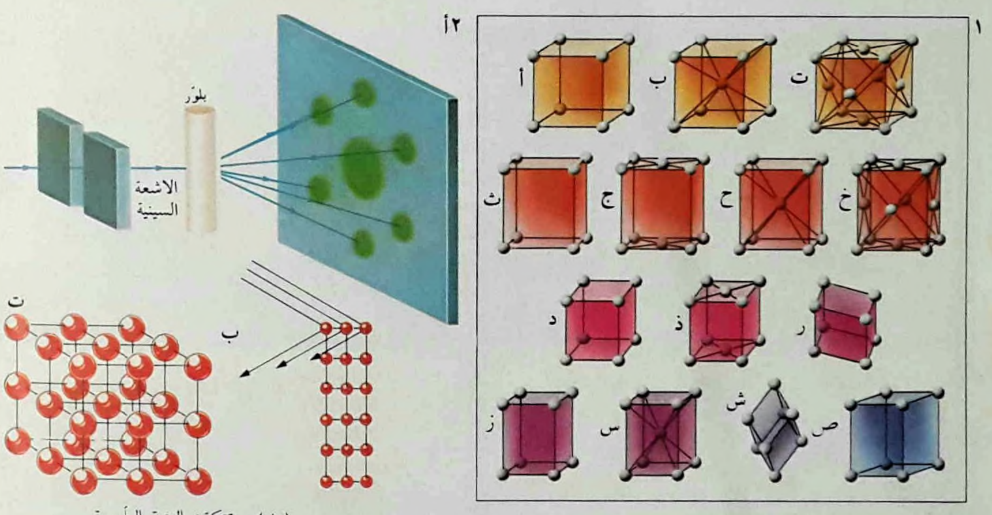
١٠

حالات المادة : الأجسام الصلبة

تدل الاشكال البلّورية لاجسام صلبة عدة على ان الذرّات فيها مرتّبة ترتيبا منتظما . هذا الترتيب لا نلاحظه في الاجسام اللاشكلية او اللامتبلّرة . هناك سبع بنيات بلّورية رئيسية ، اكثرها بساطة النظام المكعّب .

يتكوّن كلوريد الصوديوم (الملح العادي) من ايونات الصوديوم وايونات الكلور . في الملح الصلب ، تكون بنية هذه الايونات مكعّبة . يمكن التأكد من هذا الترتيب وغيره بجعل البلّورات تحيّد رزمة من الاشعة السينية ، ثم تعالج الصور الفوتوغرافية الحاصلة فتكشف عن بنية البلّورات المعقّدة .

كلوريد الصوديوم هو مثل عن مادة بلّورية ايونية (١) . تتكوّن المواد البلّورية



(١) ـ تتكوّن البنية البلّورية بتراكم منتظم لمواد بناء متماثلة . مادة البناء الاولية تدعى خلية ، وقد تحتوي على ذرّة واحدة ، كما هي الحال في النحاس ، او على مئات او آلاف من الذرّات المتنوعة ، كما هي الحال في بعض البروتينات البلّورية . التنظيم والتماثل الدقيقان في البلّوريات يساعدان جدا في تحديد هوياتها وتحليل بنياتها . يمكن تصنيف خلايا

٣
حصيلة القوة
سبائك فولاذ
فولاذ عالي الكربون
سبائك نيكل
فولاذ كربوني
سبائك الومينيوم
صُفر
نحاس
فضة
الاستطالة
الحمل
الحد المطاط
أ
ب

الاخرى ، كالماس ، من صف منتظم من الذرّات المترابطة ترابطا كيمائيا تشاركيا ، تكون فيه الذرّات المتجاورة تتقاسم فيما بينها إلكترونا واحدا او اكثر . ترتبط الجزيئات في الشمع والمواد المشابهة ارتباطا ضعيفا بواسطة القوى المسمّاة قوى « ڤان درڤالز » . للمعدن شبيكة من الايونات الموجبة تحتل فيها الإلكترونات الطليقة الامكنة الفارغة ، ويدفع التوتر بين طرفي المعدن بالإلكترونات الى التنقل بين الايونات ، وهذا ما يجعل المعادن وسبائكها موصّلة جيدة للحرارة والكهرباء .

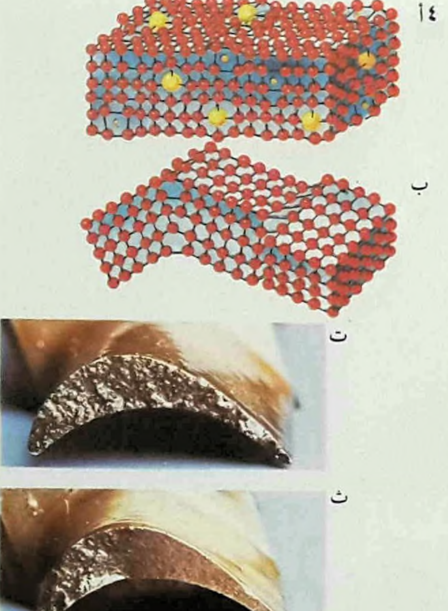
الذرّات المهتزة والمنزلقة

يمكن اعتبار جميع القوى التي بين الجزيئات قوى كهربائية المنشأ . تحدث تجاذبا بين الجزيئات عندما تكون المسافة بينها كبيرة نسبيا وتنافرا عندما تتقارب .

جميع البلّوريات في ١٤ صنفا اساسيا يسمّى الواحد منها شبكية فضائية . وقد جمعت كلها ، تسهيلا للبحث ، في ٧ انظمة او مجموعات : المكعّبة (أ ، ب ، ت) ، المعيّنية المستقيمة (ث ، ج ، ح ، خ) ، الاحادية الميل (د ، ذ) ، الثلاثية الميل (ر) ، الرباعية الزوايا (ز ، س) ، الثلاثية الزوايا (ش) ، السداسية الزوايا (ص) .

(٢) ــ تحيد الطبقات المنتظمة في البلّورة رزمة من الاشعة السينية المارة فيها ، فتحدث رسما معينا من نقاط الحيود (أ) . تتغير هذه الرسوم حسب المستويات المتابعة لشبكة ذرّات البلّورة التي تمر فيها الاشعة السينية كما في (ب) . لذلك تساعد التماثلات والاشكال المنتظمة في شبكة ذرّات البلّورة على تحديد هوية خلايا البلّورة . ففي رسم الحيود (أ) يظهر تماثل سداسي . مما يسمح بالاستنتاج ان البلّورة المأخوذ عنها هذا الرسم لا تحتوي على خلايا من النوع الظاهر في (ت) . يمكن اذن استنادا الى كثافة رسوم نقاط الحيود واشكالها التعرف الى هوية البنيات البلّورية وتحديدها .

(٣) ــ يتم اختبار قوة الشد بالتمديد . يبدأ المعدن بالتمدد بكامله ثم ينحصر التمدد بعدئذ حول الموضع المكسور . تظهر في المنحنين (أ،ب) نماذج عن التمدد . فالمنحني (أ) هو للفولاذ الطري . ويبقى خطيا حتى يبلغ حده الاقصى من المرونة . اذا توقف الشد قبل هذا الحد ، يعود المعدن الى طوله الاصلي . المنحني (ب) هو مثل عن المعادن الاكثر طراوة . وتظهر ايضا (الى اليمين) الشدة النسبية لمجموعة من المعادن .



(٤) ــ من شأن المعادن المتينة ان تحد من حرية تحرك التفكّكات فيها . توجد ذرّات كبيرة على زوايا البلّورة في (أ) ، بينما توجد ذرّات صغيرة في وسط الشبكة . وهذا ما يشوّه البلّورة ككل . لكنه يمنع تحرّك التفكّكات . كذلك عدم التساوي في (ب) بين حدود البلّورة يخلق حواجز ضد حركة التفككات . اخضاع المعدن لأضغاط قوية او كثرة تبدل الاضغاط عليه يسبب في آخر الامر ما يسمى بتعب المعدن (ت) . كذلك يعطي الضغط المستمر طويلا نتيجة مماثلة . تسمّى الانهيار بالتزحّف (ث) . حدث هذان النوعان من الانهيار (ت ، ث) في شفرة عنفيّة مصنوعة من سبيكة النيكل .

يمكن تفسير خصائص المرونة في الاجسام الصلبة بهذا النوع من القوى . فعندما تتمدد مادة ، تزداد المسافات قليلا بين جزيئاتها ، ويكون الالتواء الحاصل متناسبا طرديا مع الضغط الذي يحدثه (العلاقة المعروفة بقانون هوك) . فالضغط يقرّب المسافة بين الذرّات ، بينما يجعل البضع طبقات الذرّات تنزلق بعضها على بعضها الآخر .

تتذبذب ذرّات الجسم الصلب (حتى الجسم البلّوري) حول موقعها في الشبيكة . اذا سخّنا جسما صلبا نقيا ، نرى ذرّاته تزداد تذبذبا . واذا اعطي الجسم طاقة حرارية كافية ، تتغلب هذه الطاقة على قوى التماسك بين الذرّات ، فتنهار البنية البلّورية ويذوب الجسم الصلب .

البلّورة الافراديّة من معدن نقي هي اضعف مما يتوقع . قد يكون السبب في ذلك عيوب في الشبيكة تحدث فيها تفكّكات



(٥) ـ يطرّق صانعو الادوات المعدنية الصحائف المعدنية لتصليدها ، كي لا تبقى عرضة للإنقصاف . فالتطريق يدفع بالتفكّكات نحو سطوح الانزلاق المتقاطعة حتى تلتقي فتتوقف . تعمل اماكن التقاطع هذه كحواجز تمنع تحرك تفكّكات اخرى ، جاعلة المعدن اكثر متانة .

(٦) ـ يفصل عمال السبائك المعدن عن خامته بتذويبه . يتم ذلك بتسخين المعدن فتتكسر شبيكة ذرّاته فيسيل ، ثم يصب في قوالب ، او يُبرّد ثم يلف كصفائح . تتراوح درجات ذوبان المعادن من - ٣٨,٨° س وهي درجة ذوبان الزئبق الى ٣٤١٠° س وهي درجة الذوبان لدى التنجستن .

(٧) ـ تظهر الاشكال المنتظمة للبلّورات عند النظر اليها بواسطة المجهر . للبلّورات المتسمة بالكمال (اي التي لا كسر فيها) اشكال محددة بدقة كالابر الريشية في كلوريد الأمونيوم (ملح النشادر) . هنالك ستة اشكال (او انظمة) بلّورية اساسية اخرى . اذا نظرنا بالمجهر الى بلّورات الملح ، نراها مربّعات تامّة . للبلّورات المتسمة بالكمال اشكال محددة بدقة (مع ان التصادم قد شوّه زوايا بعضها هنا) .

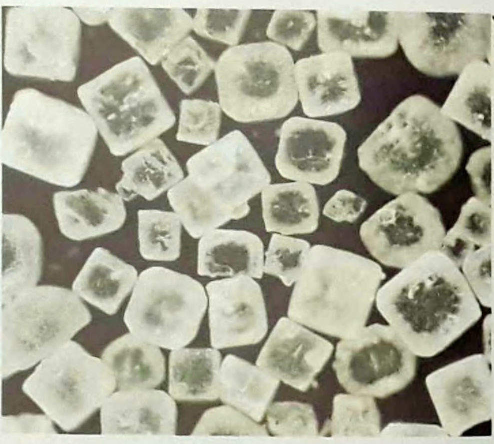
(٨) ـ الضغط الشديد يجعل نقطة الانصهار تنخفض في مواد كالماء تتمدد عند التجمد . ان ذوبان الجليد تحت ضغط مزلجة اللاعب تعمل كمزلق يساعد المتزلج على التحرّك بسلاسة وسهولة معا .

(٤) . لذلك فأن الخليط المعدني او السبيكة هو عادة اكثر صلابة من المعادن التي يتركَب منها .

تعب المعدن : السبب والعلاج

يشوّه الضغط بعض الاجسام الصلبة ، اذا استمر عليها فترة من الزمن . هذه الظاهرة تسمّى الرجفان . من الممكن ان ينجم ذلك عن حركة التفكّكات داخل الحبيبات البلّورية

٧



٨



او عن انزلاق حدود الحبيبات او عن انزلاق على سطوح مستوية محددة . « التعب » هو الاسم الذي يطلق على تغيّر في خصائص المعدن يجعله سريع العطب .

التأثيرات البنيوية في الاجسام الصلبة

يبدو ترتيب الجزيئات في البوليمرات الطبيعية والاصطناعية ترتيبا معقّدا . وتُظهر الصور الفوتوغرافية ، المأخوذة للمطاط بواسطة الاشعة السينية ، ان السلسلة الطويلة الملولبة من جزيئاته تصطف على خطوط مستقيمة عندما يتمدد وان الجزيئات ترجع الى وضعها الاصلي عندما يتلاشى التوتّر . وهذا هو ما يعطي المطاط مرونته .

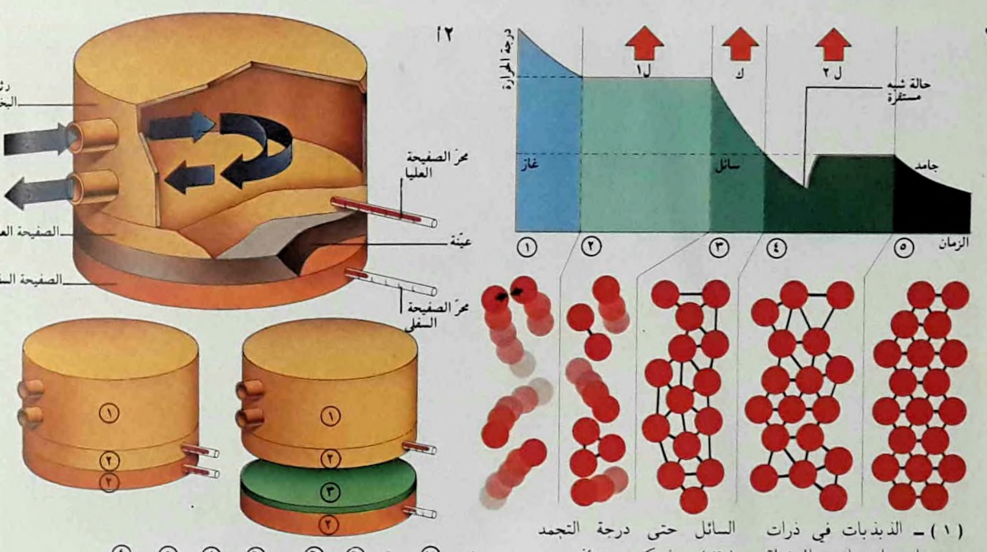
تستفيد النصف موصّلات (وهي حجر الزاوية اليوم للآلات الحديثة الصلبة كالترانزستور) من بعض التغيّرات الدقيقة التي تحصل في شبيكات بلّورية عادية . ذلك ان كميات ضئيلة من بعض المواد غير النقية ، التي يكون عدد الإلكترونات في ذراتها اقل او اكثر بواحد من عددها في ذرّات العنصر الاساسي للنصف موصّلات ، تدخل الى صميم هذا العنصر ، فيحدث من جراء ذلك فيض طفيف من الإلكترونات او نقص طفيف فيها (في هذا المجال يسمّى الإلكترون الناقص ثقبا) . فتعطي حركة هذه الإلكترونات او الثقوب الاجسام نصف الموصّلة خصائصها الكهربائية المميزة . عندما تحصل زيادة في الإلكترونات ، تكون ناقلات النصف موصّل ناقلات سالبة ويكون هو عندئذ من النوع السالب . وفي الحالة المعاكسة ، تكون الناقلات او الثقوب موجبة ، فيكون النصف موصّل من النوع الموجب .

درجة الحرارة

يسخن منفخ درّاجة عندما ينفخ دولاباً . يمكن تفسير ذلك بواسطة النظرية الحركية للحرارة التي كان أول من خطرت له ببال اسحق نيوتن (١٦٤٢ - ١٧٢٧) ، ثم طورها علماء القرن الثامن عشر والتاسع عشر . تفسّر هذه النظرية ماهية الحرارة بقولها انها الطاقة الحركية للذرات أو الجزيئات المتذبذبة التي منها تتكون كل مادة .

الاضطراب الحراري والحركة الجزيئية

بموجب القانون الثالث للديناميكا الحرارية ، لا يمكن في الحرارة التوصل الى الصفر المطلق (اي درجة حرارة - ٢٧٣° س حيث تتوقف تماماً حركة الجزيئات) .



(١) - الذبذبات في ذرات وجزيئات مادة ما هي المسؤولة عن مقدار درجة حرارتها . في الغاز (١) تتحرك الذرات بطريقة مستقلة . ومعدل سرعتها وكتلتها هو ما يحدد طاقتها الداخلية ودرجة حرارتها . بعد التبريد . يحوّل فقدان حرارة التكثيف الكامنة (ل ١) الغاز . عند درجة الغليان . الى سائل (٢) . هنالك خسارة أخرى في كمية الحرارة (ك) . عندما يبرّد السائل حتى درجة التجمد (٣) . فيتكون عندئذ جسم صلب (٤) بعد فقدان حرارة الصهر الكامنة (ل ٢) . في هذه الحالة تكون الذرات قد اصبحت متينة الترابط (٥) فيما بينها .

(٢) - قابلية النقل أو الموصّلية لجسم ما هي مقدار الحرارة في وحدة من الزمن التي تمر في وحدة المساحة خلال وحدة من وحدات مدرج

ينتج عن ذلك أن للجزيئات حركة مستمرة تعرف باسم « الاضطراب الحراري » . وهي تشتد عندما يعرّض الجسم الى حرارة . كان عالم النبات روبرت براون (١٧٧٣ - ١٨٥٨) أول من حصل ، عام ١٨٢٧ ، على دلائل غير مباشرة عن هذه الحركة المستمرة . فقد اكتشف ان الحبيبات الصغيرة لغبار الطَّلع المعلقة في الماء تتحرك بلا انقطاع وبحركات عنيفة . وبيّن ان هذه « الحركة البراونية » تحدث من جراء القصف المستمر ، لكن غير المتعادل ، لكل حبيبة غاز من قبل جزيئات السائل ، وأنه كلما كانت الحبيبات صغيرة ، كانت الحركة أكثر عنفاً . تفسر النظرية الحركية ايضاً لماذا يصل غازان يختلطان ، احدهما ساخن والثاني بارد ، الى درجة حرارة واحدة بعد فترة . فالطاقة الحركية لجزيئات الغاز الساخن تنتقل بواسطة ألوف الاصطدامات الى جزيئات الغاز البارد ، حتى

الحرارة . يمكن قياسها (أ) بتسجيل الزمن اللازم لكمية معروفة من الحرارة للمرور من خلال عيّنة . فتوضع العيّنة (٣) بين لوحتين متساويتي المساحة (٢) ثم تسخن اللوحة العليا بواسطة دثار من البخار (١) وتقاس الحرارة بموازين حرارة في كل من القطع الثلاث. تختبر المواد ذات الموصّلية القوية (ب) في اسطوانة يسخن البخار احد طرفيها حتى ١٠٠° س (٥) . تقيس موازين حرارة اخرى (٦) درجة حرارة العيّنة وارتفاع درجة حرارة الماء المار في دثار متصل بالطرف الآخر (٧) . وهذا ما يسمح بمعرفة مقدار الموصلية وحسابه بدقة .

---

(٣) ـ الطرق الثلاثة لانتقال الحرارة تستعمل كلها عند تسخين مقلاة (أ) : بالتوصيل ، من خلال معدن المقلاة (١) ، وبالحمل عند تحرك المائع (٢) ، وبالاشعاع من مصدر الحرارة الى المقلاة (٣) . اذا اخذنا قضيبا موصّلاً للحرارة معزولاً تماماً ، ووضعنا احد طرفيه في الجليد والطرف الآخر في ماء يغلي ، فإن حرارته تتغير نظرياً بصورة خطّية بين طرفي القضيب (ب) كما يظهر ذلك في المخطط . لكن اذا كان العزل غير محكم ، فإننا نحصل على منحن شبيه بالخط المتقطع الظاهر في المخطط . في القارورة الخوائية (ت) فراغ (٤) يمنع التوصيل والحمل كما ان جدارها مفضض ليخفف من فقدان الحرارة بالاشعاع الى الحد الادنى .

(٤) ـ في مقياس نهايتي الحرارة العظمى والصغرى (أ) ، يدفع الزئبق بالمؤشرين الفولاذيين في أنبوب نوني الشكل الى أبعد نقطة يصلانها . يتأثر السائل في الخزان الاسطواني بدرجة الحرارة فيزيح تقلصه (ب) أو تمدده (ت) الزئبق في ذراعي الانبوب حيث مقياسا درجة الحرارة . يمكن اعادة المؤشرين الى موقعهما الاصلي بواسطة مغنطيس يمر بقرب الانبوب .

يتساوى معدل الطاقة الحركية للغازين ·

كذلك يمكن للنظرية الحركية تفسير تغير حالة مادة ما عندما تسخن (١) · كمية الحرارة اللازمة لتغيير حالة الجسم من جسم صلب متين الترابط الى سائل ركيك الترابط تسمى حرارة الصهر الكامنة ·

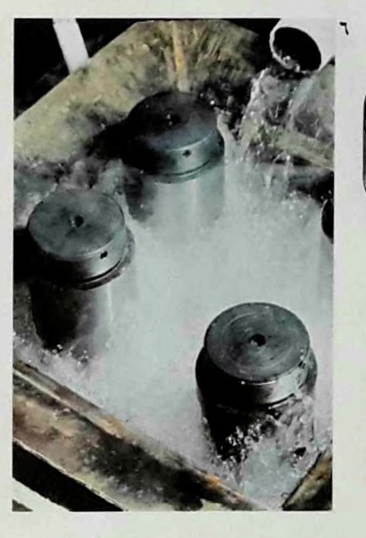
تغيَرات درجة الحرارة

اعطاء مادة طاقة حرارية اضافية قد يرفع درجة حرارتها ، بدلاً من أن يغيّر حالتها (وهو ما يتطلب حرارة الصهر الكامنة) · يتوقف تغيّر درجة الحرارة طرداً على كمية الحرارة المعطاة ؛ وهذه تقاس بالحريرة أو ايضاً بالجول (**٤,٢ جول** = ١ حريرة) · تحدد الحريرة بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة غرام واحد من الماء بدرجة سلزيوس واحدة ·

تسمى هذه الكمية من الحرارة « الحرارة

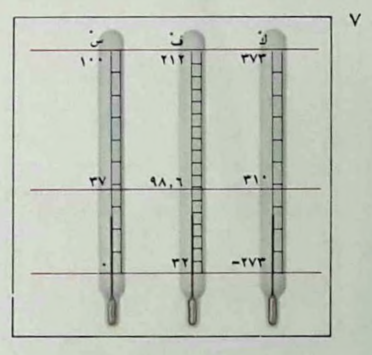
٥

٦



(٦) ـ يمكن انتاج الهواء السائل بتبريد الهواء الذي يكون غازيّاً في الظروف العادية · خلال التغيّر الى الحالة السائلة ، تنطلق حرارة التكثيف الكامنة · تستعمل قارورة « ديوار » الخلائية لوقاية السائل من الحرارة الخارجية · لكن اذا صب السائل من القارورة فأنه يأخذ بالغليان بسرعة بفعل حرارة المحيط · اثناء هذه العملية تنتج كميات كبيرة من الغاز فيتكون سحاب من بخار الماء المكثف فوق السائل ·

٧



(٥) ـ في ميزان الحرارة ، ذي الشريحة الثنائية المعدن ، شريحة معدنية لولبية ينفك تلولبها عندما تسخَن · فتدير مؤشراً على ميناء ميزان مدرّج ؛ ذلك أن المعدن الداخلي (النحاس اجمالاً) يتمدد تحت تأثير الحرارة أكثر من المعدن الخارجي · فيجعل تلولب الشريحة اللولبية ينفك ·

(٧) ـ مقاييس الحرارة هي كيفية في مداها وفي تدريجها · فدرجة تجمّد الماء هي **٣٢ْ** فهرنهايت (**فْ**) أو صفر سلزيوس أو مئوي (**سْ**) أو **٢٧٣ْ** كلفن (**كْ**) · يفصل هذه الدرجة عن درجة غليان الماء **١٨٠ْ ف** أو **١٠٠ْ س** أو **١٠٠ْ ك** · مقياس كلفن فريد من حيث أنه يضع درجته الثابتة الدنيا على الصفر المطلق الذي لا يمكن عمليا بلوغه ·

النوعية » لتلك المادة . كما تسمّى كميّة الحرارة اللازمة لرفع الحرارة الكاملة لكتلة المادة بدرجة سلزيوس واحدة « السعة الحرارية » لتلك الكتلة . بالامكان نقل الحرارة من مكان الى آخر . ولذلك طرائق ثلاث : بالتوصيل . وبالحمل وبالاشعاع **(٣)** . الطريقتان الاولى والثانية تعتمدان على أن الجزيئات . التي تحصل على طاقة حركية من مصدر حرارة . يمكنها نقل هذه الطاقة الى جاراتها . في الاجسام الصلبة المتينة الترابط . تحدث اصطدامات بين الجسيمات المتجاورة . فيسمّى انتقال الحرارة بين الاجسام الصلبة توصيلاً . أما في الموائع (السوائل والغازات) . فإن الوسط نفسه (أي كتلة المائع) قد يتحرّك . فيحمل الذرات العالية الطاقة الحركية الى اجزاء المائع الاكثر برودة . فتنتقل عندئذ حرارتها الى غيرها . وهذه هي طريقة الحمل . يمكن للحرارة اخيراً الانتقال حتى بدون اتصال بين الذرات . فحرارة الشمس مثلاً تنتقل الى الارض من خلال الفراغ . وهذه الطريقة هي الإشعاع . المواد المختلفة توصّل الحرارة بمعدلات مختلفة . وتسمّى قابليتها لتوصيل الحرارة « الموصّليّة الحرارية » **(٢)** .

(٨) ـ يمكّن البيرومتر البصري من قياس درجات حرارة مرتفعة جداً بعيداً عن مصدر الحرارة **(أ)** . وهو يقوم على القانون القائل ان جسمين صلبين لهما حرارة مرتفعة واحدة يشعّان في الطيف ضوءاً واحداً ويظهران بلون واحد . لقياس حرارة فرن **(ب)** . يسخّن بالكهرباء سلك **(١)** مثبت في تلسكوب ذي عدسة خاصة **(٢)** حتى يتوهج بلون نار الفرن **(٣)** . ثم يعرف بالمقارنة اذا كانت درجة حرارة الفرن أعلى **(ت)** من حرارة السلك أو معادلة لها **(ث)** أو انقص منها **(ج)** . يحدد المقياس المدرج **(٤)** شدة التيار في السلك .

قياس درجات الحرارة

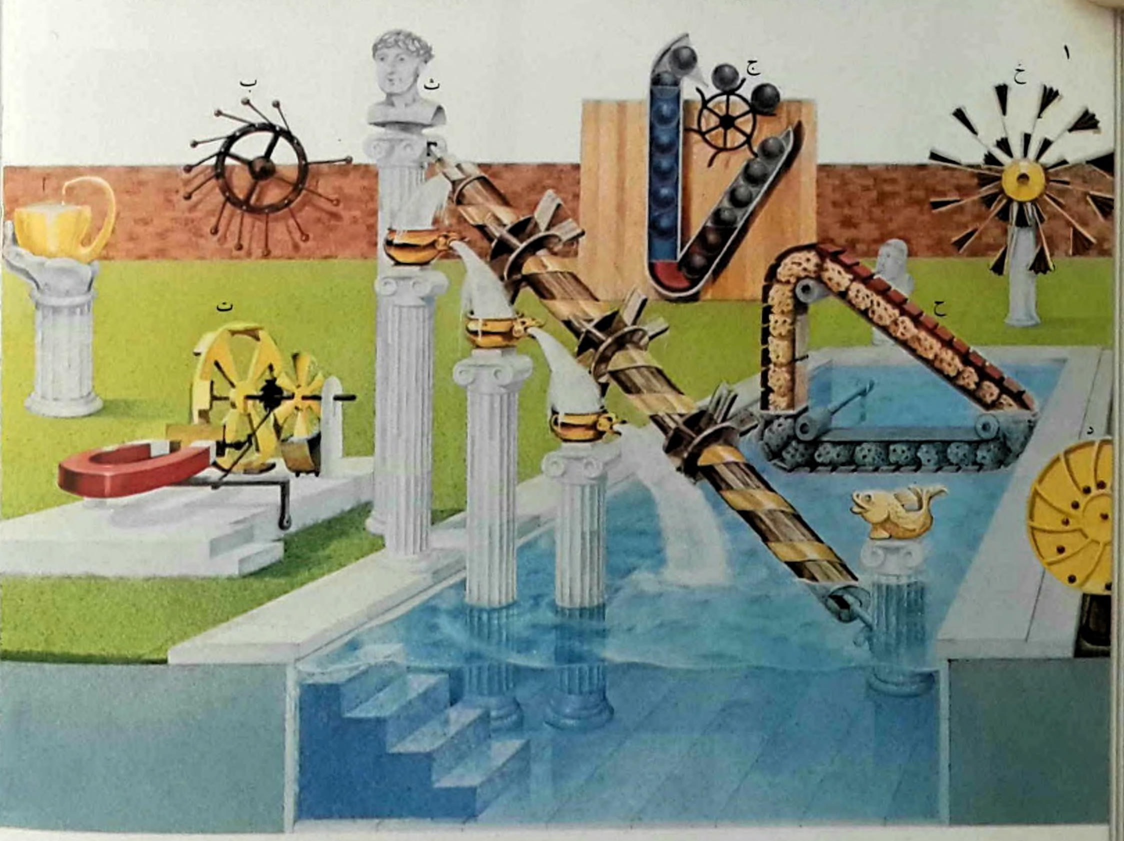
ترتكز جميع طرائق قياس درجة الحرارة على الطرق التي تتغير فيها الخصائص الفيزيائية للمواد عندما تسخن . الخاصّية الأكثر استخداماً هي تمدد الاجسام الصلبة والسائلة بالتسخين . يُجعل عادة التغيير الفيزيائي مرئياً على مقياس مُعيّر موجود في آلة القياس اي ميزان الحرارة . لدى صنع أي ميزان حراري **(٤ ، ٥ ، ٨)** يجب أولاً تسجيل درجتين أو نقطتين ثابتتين من الحرارة . ثم يقسم المدى بينهما بالدقة المطلوبة . الاعداد المخصصة للنقاط الثابتة واعداد الدرجات بينها تحدد معا نوع مقياس درجة الحرارة . كمقياس سلزيوس (أو المئوي) وفهرنهايت وكلفن (أو المطلق) **(٧)** .

الديناميكا الحراريَّة

تهتم الديناميكا الحرارية (ومعناها « علم حركة الحرارة ») بالطرائق التي تنتقل بها الحرارة من مكان الى آخر . وبكيفيّة تحوّل الحرارة الى اشكال اخرى من الطاقة · اثناء انتقال الحرارة . يمكن لكل من درجة الحرارة والضغط والحجم ان يتغيّر لوحده كما يمكن ان يتغيّر الجميع معا تغيّرات متنوّعة · تستعين الديناميكا الحرارية . في اكثر عملياتها ، بالاساليب الرياضية لمعالجة هذه الكميّات وغيرها من العوامل بغية التمكّن من التنبؤ بأوجه تغيّرها ·

قوانين الديناميكا الحرارية الاربعة

تاريخيا . اشتق العلماء اولا ثلاثة قوانين



(١) - كانت آلات الحركة الدائمة هدفا للعديد من المخترعين · فكانوا يحاولون صنع انظمة ميكانيكية تستمر بالتحرك الى الابد بمجرد تحريكها مرة اولى · يعطي فشل جميع هذه المحاولات افضل تأكيد لقوانين

سمّيت القانون الاول فالثاني فالثالث للديناميكا الحرارية . بعدها تعرّفوا الى قانون اهم من الثلاثة ، فسمّوه « قانون الصفر » للديناميكا الحرارية .

اذا بقي جسم ساخن وجسم بارد متلامسين ، فأنهما يصلان في آخر الامر الى درجة حرارة واحدة (٤) . اذ يبث الجسم الحار من الطاقة الحرارية اكثر مما يتلقّى ، بينما يمتص الجسم البارد كمية صافية من الحرارة . فكلا الجسمين يبثّان الطاقة ويمتصّانها باستمرار ، لكن بمقادير مختلفة . تستمر عملية التبادل حتى تتعادل درجتا حرارتيهما . فيقال عندئذ انهما في حالة « توازن حراري » . يقول قانون الصفر : اذا كان كل من جسمين في حالة توازن حراري مع جسم ثالث ، فأنهما يكونان في حالة توازن حراري فيما بينهما .

للقانون الاول ، بالحقيقة ، جزءان : الاول

الديناميكا الحرارية . تحتوي الآلة أ على كمية من السائل يفترض انها تصب من جديد في وعاء كبير بواسطة الميزاب الملوي وانها تحافظ هكذا على حركة السائل الدائرية . لكن عندما يتعادل مستوى السائل في الميزاب مع مستواه في الوعاء ، تتعادل الضغوط في السائل على الجهتين ولا يمكن لحركته ان تستمر . في الآلة ب مجموعة من الاثقال المتساوية معلقة بدولاب يدور . ورغم ان عدد الاثقال في الجهة السفلى قليل ، فأن بعدها عن محور الدوران يعطيها الزخم اللازم لرفع العدد الاكبر من الاثقال الموجودة في الجهة العليا . لكن لا بد للطاقة ان تتبدد في محاولة التغلب على الاحتكاك المعاكس لحركة الدولاب الدورانية . وهذا ما من شأنه ان يمنع توازن الطاقة ، فيجعل الدولاب يتوقف . الاحتكاك يمنع اكثر الآلات من العمل . فالآلات ت ، خ ، د تعتمد على الطريقة نفسها التي في ب ، ولذلك لا يمكنها ان تعمل كآلات حركة دائمة . كذلك ليس باستطاعة الآلة ث القيام بهذه المهمة ، لأن الطاقة تتبدد بالاحتكاك عندما تدور البنية الشبيهة بالبرغي وعندما تولّد الحرارة وتضيع في الماء الساقط على دولاب التغذيف وفي المستويات الدنيا . تحاول الآلة ج ان تحافظ على استمرار حركة الكرات بجعل محصلة قوى الدفع الفوقية تعمل باتجاه واحد في السائل . لكن مستويي الماء في طرفي الانبوب يتساويان تحت تأثير الجاذبية الارضية . فلا تدفع الكرات في طرف اكثر مما تدفع في الطرف الآخر . في الآلة ح لا تحفظ الاسفنجات التي ترفع الماء ، وتنزله على الحزام كل الماء الذي تمتصه في البدء . لذلك لا يمكن للاسفنجات الخفيفة النازلة ان ترفع الاسفنجات الصاعدة التي تفوقها وزنا ، وحتى لو كانت الاسفنجات مثالية من حيث حفظ الماء ، فأن ضياع الطاقة الذي يحدث بالاحتكاك يحول دون الحركة الدائمة .

(٢) - يمكن تحويل الحرارة الى شغل ميكانيكي بجعل غاز ساخن يتمدد . يمكن بلوغ الفعّالية القصوى باستخدام دورة كارنو حيث تتناوب التحولات الادياباتية (ب ج ، د أ) والعمليات ذات الحرارة المتساوية (أ ب ، ج د) . تتم الاولى بدون خسارة حرارة او ربحها ، والثانية بدون تغيّر في درجة الحرارة . يرفع الغاز المكبس بين أ و ج ويقوم بشغل يساوي المساحة التي تحت الخط المنحني .

ينص على قانون ثبات الطاقة . والثاني يحدّد « الطاقة الحرارية » وكيفية تحوّل انواع الطاقة الواحد الى الآخر (٦) · ينص القانون الاول على انه . عندما يعطي نظام ما طاقة من الحرارة . فأن كميتها تساوي تغيّر طاقة النظام الداخلية بالاضافة الى الطاقة الميكانيكية التي تمكّن النظام من القيام بشغل خارجي ·

فيما يقوم قانون الصفر بتحديد درجة الحرارة والقانون الاول بوصف تحويل الطاقة . يقوم القانون الثاني بتعيين اتجاه الطاقة الحرارية المنتقلة بين اجسام درجات حرارتها متفاوتة · فهو ينص على ان الحرارة لا تنتقل تلقائيا الا من الجسم الساخن الى الجسم البارد · فانتقال الحرارة الى جسم بارد يزيد من حركة الجزيئات التي يتألف منها الجسم الاكثر برودة . وبذلك يزيد عمليا من « الفوضى » الداخلية فيه ·

٣



٤



٥

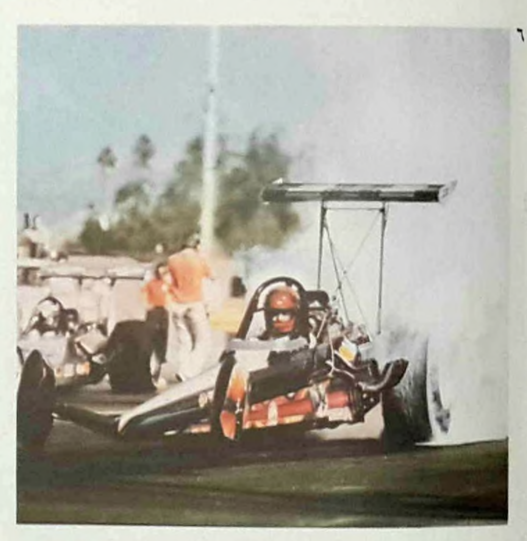
(٣) ـ عندما ينطلق ثاني اكسيد الكربون من مطفأة الحريق يكون في الحالة الجامدة . ثم يتحول الى غاز فيمنع الاكسيجين من بلوغ النار .

(٤) ـ يعطي الرمح الحراري درجات حرارة شديدة الارتفاع · فاذا صوّب على مادة ما . يحدث فيها حالة من التوازن الحراري . ترفع درجة حرارة هذه المادة الى درجة الذوبان . فيصبح من السهل حفرها حسب الطلب · في هذه الصورة يظهر الرمح الحراري . وهو يقوم بحفر اكمة من الملاط .

(٥) ـ اذا سخنا طرف قضيب معدني بلهب . فالطاقة الحرارية تنتقل الى ذرّات المعدن . فترتفع طاقتها الحرارية . وتزداد بالتالي شدة

تبريد المواد

اما القانون الثالث . فينص على انه من المستحيل تبريد اية مادة حتى الصفر المطلق · بلوغ درجة الصفر المطلق يعني مثلا ان الغاز اصبح ضغطه صفرا . وان جميع جزيئاته قد توقفت عن الحركة . وان طاقتها اصبحت صفرا ايضا بحيث لا يعود من الممكن استخراج اية طاقة اضافية من تلك الجزيئات لتبريدها تبريدا اضافيا · عندما تقترب درجة



تذبذبها حول مواقعها الثابتة في شبكة المعدن ازديادا كبيرا · بازدياد مقدار الذبذبات . تصطدم هذه الذرّات بالذرّات المجاورة . وتنقل اليها بذلك طاقة تجعلها تتذبذب هي ايضا . حتى تنتقل الطاقة الحرارية الى الطرف الآخر للقضيب في آخر الامر · اذا بقي اللهب في موقعه لبعض الوقت . فدرجات حرارة كل من طرفي القضيب قد تصبح متعادلة ·

(٦) - يحدث الاحتكاك عندما يحتك جسم بآخر . مما يولّد حرارة · الانطلاق الفجائي . في بدء سباق السيارات . يجعل الدواليب الخلفية للسيارة تدور بسرعة . فتحرق الحرارة المتولدة مطاط الدواليب · تنتج حرارة مماثلة عند استعمال مكابح السيارة ·

حرارة مادة من الصفر المطلق . تصبح زيادة تبريدها اكثر صعوبة ·

بموجب القانون الثاني . يتم انتقال الحرارة « نزولا » . اي من الجسم الساخن الى الجسم البارد · فلا بد ان تكون هنالك خاصّية للنظام او عامل فيه يكون مقياسا لحالته الداخلية (من الانتظام او الفوضى) ويكون له مقدار متفاوت عند بداية عملية ممكنة الحدوث وعند نهايتها (من العمليات التي يسمح بها القانون الاول) ·

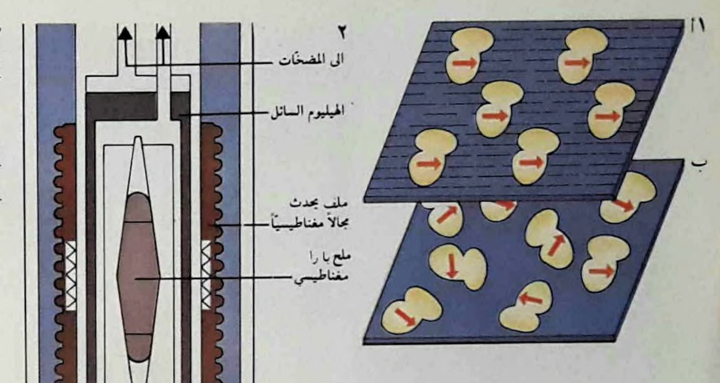
تبيّن المراقبة الدقيقة لجميع انواع الآلات بأنها تستهلك من الطاقة اكثر مما تحوّل الى شغل مفيد · فحتى لو صرفنا النظر عن تبدد الطاقة من جراء الاحتكاك والتبريد وما الى ذلك . فلا يمكننا التغاضي عن ان الطاقة الميكانيكية الحاصلة هي دائما اقل من الطاقة التي ينتجها مصدر الحرارة · وما عامل التعادل الحراري . الذي لا يمكن . بموجب القانون الثاني ان يتناقص . سوى صورة عن الطاقة التامة التي لا يمكن بلوغها ابدا ·

دورات الحرارة والكفاية

تسمّى سلسلة تغيّرات النظام « دورة حرارية » · يتم الحصول على الفعّالية القصوى النظرية « لمحرّك حراري » من هذا النوع بالسير بموجب ما يسمّى بدورة كارنو (٢) . نسبة الى العالم الفرنسي نيكولا كارنو (١٧٩٦ - ١٨٣٢) · لو كان من الممكن بناء آلة . تعمل بدورات . وتقوم . خلال اي عدد من هذه الدورات . باعطاء كمية من الطاقة كشغل تكون اكبر من التي تستهلكها كحرارة . لكان الحلم القديم بالحركة الدائمة قد اصبح حقيقة راهنة (١) ·

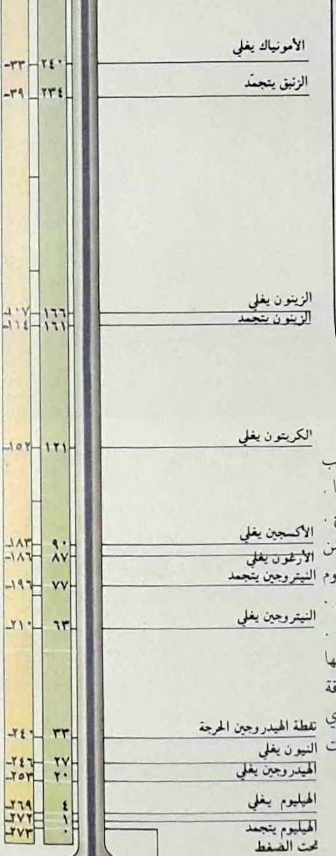
نحو الصفر المُطلَق

كل مادة تحتوي على مقدار ما من الحرارة . حتى الباردة منها نسبيا كالجليد . فالحرارة هي ثمرة الحركة المستمرة لجزيئات المادة . (هذه الحركة التي يبرهن وجودها ان لهذه الجزيئات طاقة حركية) . وما درجة الحرارة سوى قياس لمعدَل الطاقة الحركية التي تملكها الجزيئات . فكلما اصبحت المادة باردة . نقصت حركة جزيئاتها . على هذا . يجب ان يكون من الممكن . نظريا . ان يستمر تبريد مادة ما حتى بلوغ النقطة التي عندها تتوقَف حركة الجزيئات تماما . هذه النقطة . « الصفر المطلق » . مهمة جدا للعلماء . لكن يستحيل عمليا بلوغها . عند الاقتراب من الصفر المطلق . تظهر لدى بعض



(١) ـ تقوم جزيئات ملح بارامغنطيسي عادة بحركة مستمرة عشوائية حتى ولو كانت درجة الحرارة منخفضة الى ١ْ ك (- ٢٧٢ْ) . طالما تبقى الجزيئات تتحرك على هذا النحو . فليس بامكان اي جزء من الملح ان يظهر كأحد قطبي المغنطيس . لكن حالما يوضع الملح تحت تأثير مجال مغنطيسي (أ) . تصطف الجزيئات المغنطة على طول المجال وتعطي جسم الملح قطبين مغنطيسيين . شمالي وجنوبي . عندما يوقف فعل المجال . تعود الجزيئات الى فوضاها الاولى (ب) .

(٢) ـ للاقتراب من الصفر المطلق (اي لبلوغ درجة حرارة تحت ١ْ ك او - ٢٧٢ْ س) تستعمل ظاهرة تسمّى « ازالة المغنطة اديا باتيا من الاملاح البارامغنطيسية » . الملح البارامغنطيسي هو الذي يعمل كجسم مغنطيسي فقط عندما يكون تحت تأثير مجال مغنطيسي شديد . فيجبر المجال جزيئاته على الاصطفاف في ترتيب معيّن . اذا لم يحدث تبادل حراري خلال هذه العملية . يقال عنها انها اديا باتية . لكن ترتيب الجزيئات يُخفّض من طاقتها . فيذهب فرق الطاقة الى الملح . فيرفع حرارته . الى اعلى من ١ْ ك . يستعمل عندئذ الهيليوم السائل لإعادة تبريد الملح . فاذا ازيلت الآن مغنطيسيته . تفقد جزيئاته ترتيبها وتتبعثر . مستمدة الطاقة اللازمة لذلك من الملح الذي تهبط حرارته اذ ذاك تحت ١ْ ك .



المواد خصائص تسترعي الانتباه . منها فرط الموصلية (٦) وفرط السيولة (٥) .

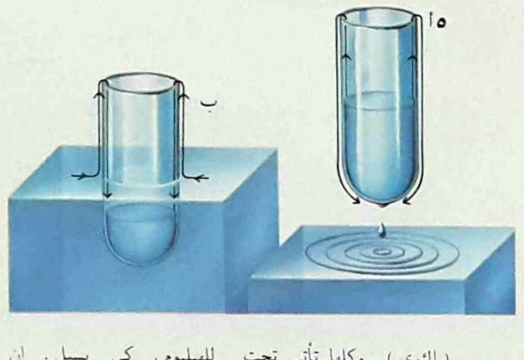
حساب الصفر المطلق

يقع الصفر المطلق . على التدريج المئوي . تحت درجة تجمد الماء بـ ٢٧٣,١٥ درجة . يمكن التنبؤ بهذا العدد كنتيجة لتصرف الغازات عندما تسخَن او تبرّد . فعندما يسخَن غاز « مثالي » . يتمدد حجمه (ح) طردا مع درجة حرارته المطلقة (حر) . اذا بقي ضغطه (ض) ثابتا . ويزداد الضغط بالنسبة ذاتها . اذا بقي الحجم ثابتا . يحدث العكس عند التبريد . بموجب المعادلة **ض × ح = ر × حر** حيث تعرف **ر** بثابت الغاز العام . عمليا يهبط الضغط بجزء واحد من ٢٧٣,١٥ . كلما هبطت الحرارة درجة واحدة **س** . وهكذا عند ـ ٢٧٣,١٥° **س** . وهو درجة الصفر المطلق . يكون الضغط قد وصل الى الصفر .

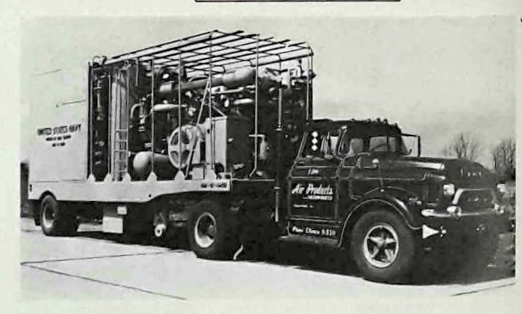
٤أ

الهيليوم والنيون
النتروجين
الارغون
الأكسجين
الكريبتون والزنون
الهواء

٥أ



ب



(٣) – وضعت درجات الحرارة على هذا الرسم البياني في كل من تدريجي كلفن (المطلق) وسلزيوس (المئوي) . وكلها تأتي تحت درجة حرارة ذوبان الجليد الموجود في حالة توازن مع الماء .

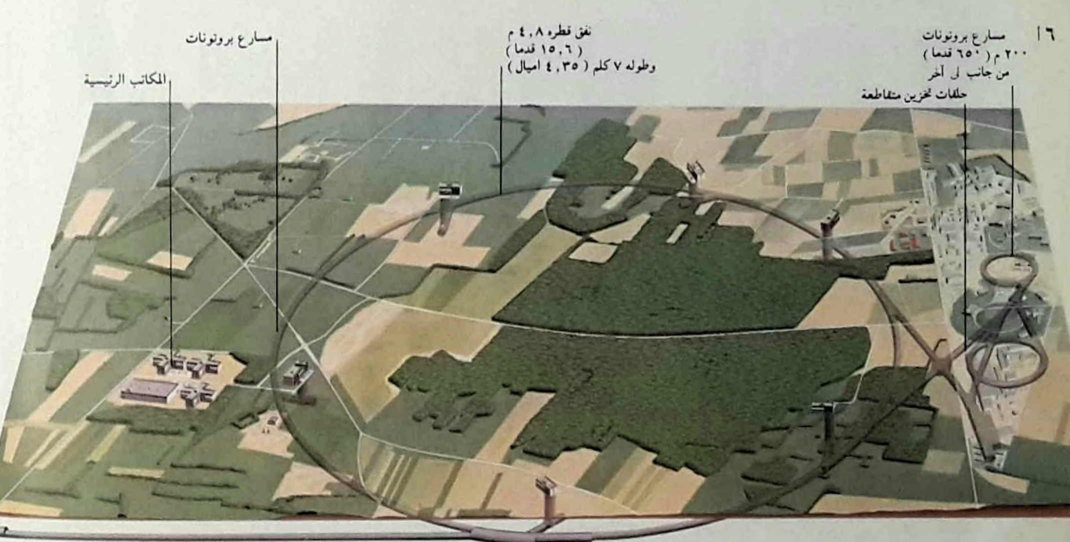
(٤) – في مسيّل الهيليوم . الذي يمكن نقله على الطرقات (ب) . يُضغط اولا خليط من غاز الهيليوم والهواء . ثم تزال الحرارة المتولدة . يحتوي الهواء . فضلا عن الاكسجين والنتروجين . على غازات اخرى « خاملة » كالأرغون والنيون والكريبتون والزنون . يمكن تسييل جميع غازات الهواء باستثناء الهيليوم عند حوالى ٢٠° ك في جهاز فاصل (أ) . لكن لا بد للهيليوم . كي يسيل . ان يتمدد اولا بمروره في فوهة .

(٥) – يتصرف الهيليوم السائل بغرابة عندما يبرد تحت درجة غليانه . اذا غُطس انبوب في هيليوم سائل (ب) بدرجة حرارة ٢,١٨° ك (– ٢٧٠,٩٧° س) . يتسلق غشاء من السائل غير مرئي الجدار الخارجي للانبوب . ثم يهبط الى داخله . يملأ الهيليوم الانبوب حتى يتوازن مستوياه في الداخل وفي الخارج . اذا رفع الانبوب قليلا (أ) . فأن الهيليوم المفرط السيولة يسيل بالاتجاه المعاكس حتى يبقى المستويان متوازيين .

يرمز عادة الى الصفر المطلق بالدرجة صفر (٧) على ميزان حرارة كلفن الذي سمي بهذا الاسم نسبة الى العالم البريطاني بارون كلفن (١٨٢٤ ـ ١٩٠٧) ٠ تزداد درجات الحرارة في هذا التدريج بالنسبة ذاتها التي تزداد بها في ميزان حرارة سلزيوس (٣) او الميزان المئوي ٠ على هذا يصبح الصفر على ميزان كلفن مساويا لدرجة − ٢٧٣ على ميزان سلزيوس ٠

محاولات بلوغ الصفر المطلق

يمكن تخفيض درجات حرارة الغاز بضغطه اولا في نطاق ثابت الحجم . ثم بازالة الحرارة الناجمة عن ذلك باحاطته مثلا بدثار من الماء ٠ واذا تمكن الغاز بعدئذ من الانفلات الى نطاق اكبر حجما . فأنه يصبح اكثر برودة . لأن التمدد يفقد جزيئاته بعض طاقتها الحركية ٠ تستعمل هذه الدورة في الثلاّجات . لأن بامكانها اسالة عدد من





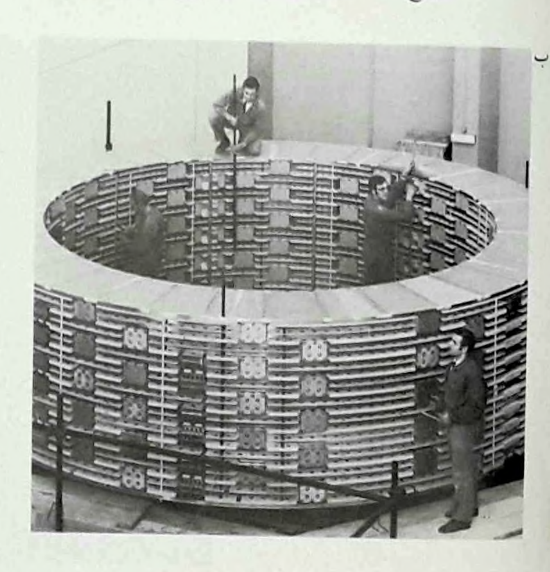


(٦) ـ المغنطيسات المفرطة الموصّلية (ب) المستعملة في مسرّعات الجسيمات كالتي في المركز الاوروبي للابحاث النووية في جنيف بسويسرا (أ) . هي من تطبيقات فيزياء درجات الحرارة المنخفضة ٠ تزيل فرط الموصّلية عادة المجالات المغنطيسية القوية ٠ لكن بعض المواد . كـسـبـيكة الـنـيـوبـيـوم

الغازات او حتى تجميدها ٠

الهيليوم هو الغاز الاكثر نفعا في الاختبارات التي تجرى في درجات الحرارة المنخفضة جدا ٠ فنقطة غليانه هي ادنى من نقط جميع الغازات . وتساوي ٤,٢ ْ ك (- ٢٦٩ ْ س) . ويمكن تخفيض درجة حرارة الهيليوم السائل اكثر من ذلك حتى تبلغ ١ ْ ك . وذلك بسحب الغاز العائم فوق سطح السائل بمضخة تفريغ للتخفيف من ضغطه والتمكن بذلك من تخفيض درجة غليان الهيليوم السائل (٤) ٠

من الصعب التبريد الى درجة تحت ١ ْ ك ٠ لكن تستعمل لبلوغ ذلك خاصّية معينة تحدث لدى بعض الاجسام الصلبة (٢) ٠ فبعض الاملاح تعمل كأجسام مغنطيسية عندما تُعرَض لمجال مغنطيسي قوي . وتفقد طاقتها المغنطيسية هذه عندما يبعد عنها ٠ تسمّى هذه الظاهرة البارامغنطيسية ٠ عندما تتمغنط هذه الاملاح . تصطفّ جزيئاتها في المجال . لكنها تتبعثر عندما يلغى المجال (١) ٠



ب

والزركونيوم . ذات البنية البلّورية المشوّهة . تبقى مفرطة الموصّلية في مجالات تصل الى مئة الف « غاوس » ٠

(٧) ـ درجة حرارة الهواء السائل هي فقط ٨٣ ْ ك (- ١٩٠ ْ س) ٠ على هذا . اذا غُطّست فيه زهرة . فأنها تتجمد تماما بسبب تجمد جميع الموائع الموجودة في خلاياها (أ) ٠ عندما يحدث ذلك . تصبح الزهرة قابلة للإنقصاف لدرجة انه يصبح بالامكان كسرها الى اجزاء صغيرة بمجرد مسّها (ب) ٠ يستعمل الهواء السائل صناعيا لتجميد مواد اخرى ولصناعة الاكسيجين والنتروجين التجاريين ٠

فرط السيولة وفرط الموصّلية

قرب الصفر المطلق . تظهر بعض المواد خصائص جديرة بالملاحظة ٠ فقد يحدث مثلا نوع من الحركة الدائمة في التيّار الكهربائي ٠ اي ان بعض المعادن والسبائك تظهر خاصيّة فرط الموصّلية (٦) ٠ فعندما تُخفَض درجة الرصاص مثلا الى ٧,٢ ْ ك . تزول مقاومته الكهربائية تماما ٠ هذه خاصيّة اكتشفها العالم الهولندي هايكه كمرلنغ اونّس (١٨٥٣ - ١٩٢٦) ٠ يمكن استعمالها نظريا كأساس لبعض ذاكرات الكومبيوتر . اذ ان المعلومات المختزنة في مادة مفرطة الموصليّة تبقى فيها بدون ان يطرأ عليها اي تغيير ٠ بإمكان مجال مغنطيسي كافي الشدة ان يبطل حالة فرط الموصّلية . وهذا ما يستفاد منه في تشغيل المفاتيح الكهربائية السريعة جدا ٠ وبما ان مقاومة المادة المفرطة الموصّلية تساوي صفرا . يصبح من الممكن مرور تيّارات عالية الشدة فيها . وهذا ما يستفاد منه في توليد مجالات مغنطيسية فائقة القدرة بواسطة مغنطيس كهربائي يُلفّ بمادة مفرطة الموصّلية ٠

حدود الضغوط

لِحدّي الضغط ـ الفراغ الكبير (ضغط منخفض) والضغوط المرتفعة جدا ـ تأثيرات متفاوتة على مختلف المواد . منها ما هو مثير للدهشة · تبدو المادة ، في الحالات الصلبة والسائلة والغازيّة ، قابلة للإنضغاط بدرجات متفاوتة · فالغازات المثاليّة قابلة للإنضغاط الى اي حد كان تقريبا ، وهي تتبع ، في حالات الضغط المنخفض قانون بويل (الذي يقول ان حجم الغاز يتناسب عكسا مع الضغط الذي يتعرض له) · لكن السوائل اقل قابلية للإنضغاط ، ولا تتبع تغيّرات حجمها الناجمة عن زيادة الضغط ايّ قانون بسيط ·

الاجسام الصلبة هي اقل الاجسام قابلية للإنضغاط · فهناك قوى شديدة تبقي معدّل



(١) ـ يظهر تطوّر النجوم الاثر المثير لحدّي الضغط ، يبدأ بغاز ضغطه خفيف جدا ، يتكثّف تدريجيا ، فيصبح اكثر سخونة . ويكوّن المجرّات والنجوم واخيرا النجوم النيوترونية والنجوم النابضة ، وكلها كثيفة ·





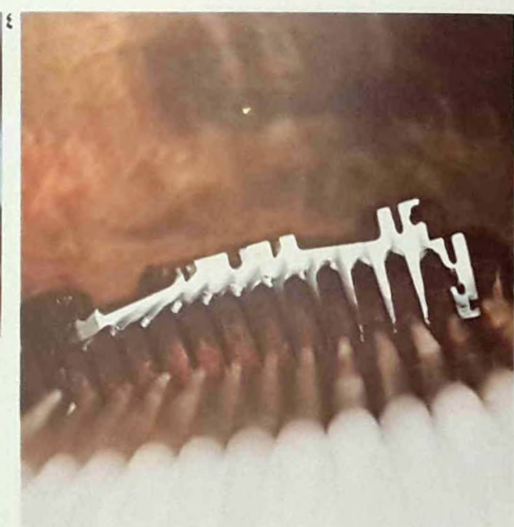
(٢) ـ تقاس الضغوط المؤثّرة في البنيات الكبيرة ، كالجسر الذي يقطع نهر سفرن (أ) بواسطة آلات قياس الانفعال الكهربائية (ب) · هذا الجهاز يقوم على المبدأ القائل ان اجهاد سلك يغيّر من مقاومته الكهربائية · تمّ اول تطبيق عملي لهذا المبدأ في الولايات المتحدة عام ١٩٣٨ ·

المسافة الفاصلة بين ذراتها ثابتا . فتجعل بنيتها بذلك جامدة وقادرة على ابداء اشد المقاومة لتأثير الضغوط الخارجية ·

تأثيرات الضغط

بإمكان الضغط ان يسبّب تغيّر حالة ايّة مادة ، تحت شروط معيّنة ·

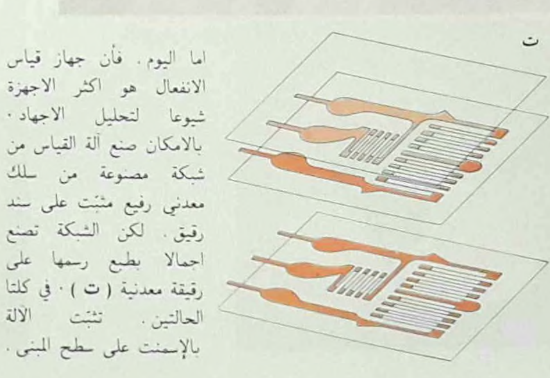
للضغوط العالية جدا تطبيقات صناعية عدة · فالضغوط المتولّدة والمنتقلة بواسطة الآلات المائية تستعمل لرفع الاحمال الثقيلة جدا · وهي تستعمل في صناعة السيارات لضغط الواح معدنية مسطحة للحصول منها على قطع ذات اشكال محدّدة (٨) · كذلك يستفاد من تصرّف المعادن ، عندما تتعرض للإنضغاط ، لتنفيذ العديد من عمليات الحدادة · يمكن ايضا تعريض بعض المعادن لضغوط عالية لإدخالها في ما يسمى « مداها البلاستيكي » ، وهذا يعني ان المعدن ، في هذه



٤



ت



اما اليوم ، فأن جهاز قياس الانفعال هو اكثر الاجهزة شيوعا لتحليل الاجهاد · بالامكان صنع آلة القياس من شبكة مصنوعة من سلك معدني رفيع مثبّت على سند رقيق ، لكن الشبكة تصنع اجمالا بطبع رسمها على رقيقة معدنية (ت) · في كلتا الحالتين ، تثبّت الآلة بالإسمنت على سطح المبنى ، وتقاس تغيّرات المقاومة الكهربائية فيها · اما النتائج فتسجّل آليّاً ·

(٣) ـ يمكن صنع الاشكال المعدنية المعقدة بعملية التشكيل بالنّتْق · يُجبر المعدن البارد على المرور بثقب يكوّن بالشكل والحجم المطلوبين · ما يسمح بذلك هو الضغوط العالية التي تحوّل المعدن الى الحالة « البلاستيكية » . فيتمكّن من « الانسياب » في قالب الصوغ كما في هذه الآلة ·

(٤) ـ يمكن تعديل شكل شرحة من السيليكون باستعمال وسائل الضغط العالي · هكذا يصبح بالامكان جمع دوائر إلكترونية كاملة في قطعة صغيرة جدا · يتحقق ذلك بنثر بعض « الشوائب » على المادة الاساسية او بوضعها عليها بشكل طبقة · تؤثّر هذه الشوائب في موصِّلية المادة الاساسية ، وتقوم بمهمات مماثلة لتلك التي تقوم بها المركّبات الإلكترونية كالترانزستورات والصمامات الثنائية والمكثّفات والمقاومات · يوضع السيليكون النقي في فراغ اثناء عملية نثر طبقات الشوائب عليه ·

الحالة . يستمر في ليونته (اي ان ابعاده تتمدد) حتى ولو بقي الضغط المؤثّر فيه ثابتا . بينما في المدى المرن العادي ، تتغيّر ابعاد المعدن طرداً مع الضغط المؤثّر ، وترجع الى حالتها الطبيعية عندما يزول . تستعمل الخاصّية البلاستيكية هذه في عمليات كالتشكيل بالبَثْق (٣) . لكن تحقيق ذلك يتطلب ضغوطا عالية جدا .

في الجهة المقابلة للحد الاعلى من الضغط ، هناك الفراغ الذي يمكن تحقيقه بدرجات متفاوتة . للحصول على فراغ ، يجب ازالة ذرّات الغاز وجزيئاته من الوعاء المغلق . فتخف عندئذ الاصطدامات بين الجزيئات وتنقص بالتالي طاقة الغاز الداخلية وضغطه .

الفراغ في الصناعة

لحالات الفراغ ، كما للضغوط العالية ، استعمالات صناعية . فعملية الترسيب في

٥

(٥) ـ كثيرا ما يكون من الضروري اختبار مقاومة المواد حتى كسرها ، لاكتشاف نقط قوتها ونقط ضعفها . تتم هذه الاختبارات في آلة تستطيع بذل قوى ضغط وشدّ في الوقت ذاته ، ثم تسجل الضغط آلياً على المادة في لحظة انهيارها . لا تنحصر هذه الاختبارات في المواد اللدنة (القابلة للسحب لصنع الاسلاك) بل تطبق ايضا على المواد القابلة للقصف كالزجاج الليفي الظاهر هنا .

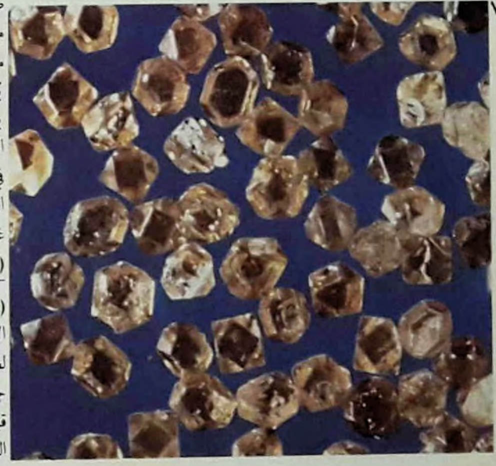
٦ أ



ب

(٦) ـ الترسيب في الفراغ هو عملية شائعة الاستعمال لاعطاء الاجسام البلاستيكية طلاء معدنيا . يوضع الجسم المراد طلاؤه في حجرة (أ) مغلقة مع سلك رفيع يحمل حبوبا من المعدن المطلوب ترسيبه . يُضخّ الهواء من الحجرة حتى يصبح الضغط شديد الانخفاض ويمر تيار كهربائي في السلك . عندئذ تذوب الحبوب ، فتتبخّر ثم ترسب غشاء معدنيا على الجسم (ب) .

٧



(٧) ـ تصنع قطع الماس الاصطناعية باخضاع الغرافيت لضغوط ودرجات حرارة عالية جدا . اكثر هذه الاحجار اقل قيمة من التي هي من صنع الطبيعة .

الفراغ بواسطة التبخر تسمح بطلاء الاجسام الصلبة بطبقة معدنية رقيقة (٦) · في هذه العملية يوضع الجسم المطلوب طلاؤه في وعاء مغلق يكون على درجة مرتفعة من الفراغ . ثم يبخَّر معدن الطلاء ضمن الوعاء . فيكوّن غشاء يشبه المرآة ويغلّف الجسم ·

هنالك عمليات صناعية اخرى يتم بها ترسيب شوائب فوق مواد او اجسام بواسطة فراغ عال · فالدوائر الإلكترونية المعقّدة

٨

(٨) – بإمكان المكابس المائية صنع قطع غيار بأشكال معيّنة . وبعملية واحدة . انطلاقا من الواح معدنية مسطّحة افرادية · في المكبس أداة تشكيل . لها الشكل المطلوب صنعه . ثم يأتي مدكّ مائي فيضغطها على لوحة معدنية بقوّة فائقة · تتطلب الضغوط العالية اجمالا مكابس باهظة الثمن . لكن سرعة عملها تبرّر التكاليف ·

والمتطوّرة تعتمد على مثل هذه الطريقة (٤) · لكن العمليات التكنولوجية ليست هي التطبيقات الوحيدة لحدود الضغط · فلما كانت جميع المواد قابلة للإنضغاط الى درجة ما . اصبح من المهم ان تأخذ بعين الاعتبار تأثيرات زيادة الضغط على المواد المستعملة مثلا في اشغال البناء ·

عندما تحطم الذرّات

يتغير تصرف المواد . عند تعرضها لحدود الضغط . بتغير الظروف في الفضاء · فبين النجوم تسود ظروف فراغ شبه مطلق في الفضاء . وقد تكون هنالك بضعة ذرّات فقط في السنتيمتر المكعّب · وقد وجدت بعض الجزيئات الكيميائية منعزلة في الفضاء بين الكواكب ·

في المراحل الاولى لتكوّن النجوم . كانت الضغوط في الغيوم الكثيفة والمؤلّفة من الغازات والسديم تزداد بتأثير الجاذبية · وكان من شأن ذلك توليد درجات حرارة مرتفعة تجبر الإلكترونات في النهاية على تغيير مساراتها ضمن الذرّات · وعندما كانت ترجع هذه الإلكترونات الى مساراتها الاصلية . كانت تعطي طاقة تظهر بشكل ضوئي (١) ·

في النجوم . درجات حرارة الاشعاع مرتفعة جدا وكذلك الضغوط · تقدّر درجة الحرارة في مركز الشمس بحوالى ١٠ ملايين درجة **س** (١٨ مليون° **ف**) . والكثافة بحوالى **٥٠** ضعف كثافة الماء . والضغط بحوالى **٤٠٠٠٠٠** مليون **كلغ / سم**^{٢} · في نجوم اخرى . يمكن للضغوط ان تكون مرتفعة لدرجة ينسحق فيها تماما الترتيب العادي للذرّة ·

الضوء واللون

تحيط بنا انواع مختلفة من الطاقة . اهمها الضوء والحرارة والطاقتان الكيميائية والآلية . ليست الطاقة الضوئية بأقل ضرورة من الطاقة الحرارية والطاقة الكيميائية . بل جميع هذه الطاقات جوهرية للحياة . فلو كانت الكائنات البشرية لديها . عوضا عن موجات الضوء . الموجات اللاسلكية او الاشعاعية التي هي اقل ترددا بكثير من الضوء . لما كانت تدرك من تفاصيل محيطها اكثر من الخطوط الكفافية الغامضة التي ترى على شاشات الرادار .

كيف ينتقل الضوء

الضوء . كالصوت . ينتقل بموجات . لكن في الضوء تتولد ارتجاجات الموجة من

أ ب ت



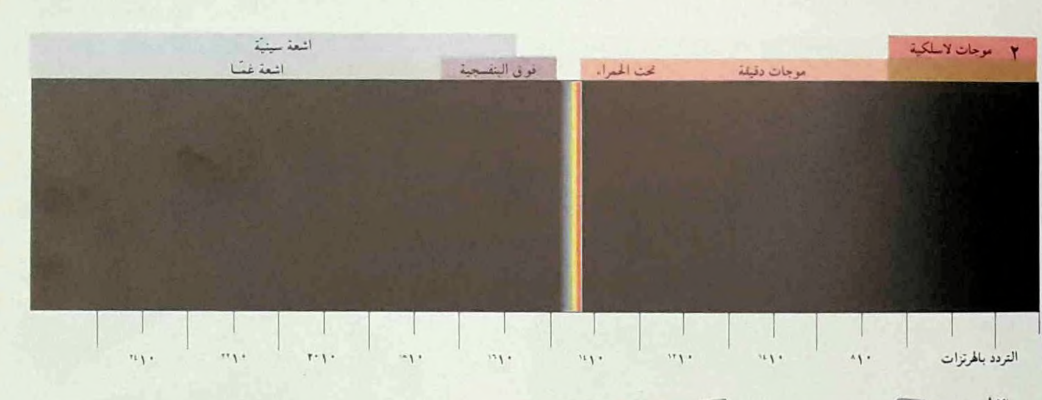
(١) – يحدث قوس قزح عندما تعكس قطرات المطر . وهي موشورات . اشعة الشمس باتجاه المراقب . محللة الضوء الى الالوان التي يتركب منها . تنعكس الالوان من كل قطرة وفاقا لزوايا مختلفة . وكل قطرة مطر تضيؤها الشمس تحدث دائرة من اللون يشكّل مجموعها قوس قزح . قد يبدو قوس قزح لمراقبين آخرين ابعد او اقرب . لكنه يكون دائما في الاتجاه ذاته . وله الحجم الظاهر ذاته (أ) . يمكن احيانا ان يظهر خارج القوس الاول قوس ثانوي (ب) يكون فيه تتابع الالوان معكوسا عن ترتيب القوس الاول . يتشتّت الضوء في القوس الاول عند دخوله في قطرة الماء . وتنعكس الالوان الى المراقب من ظهر القطرة . من الممكن ايضا احيانا ان تنعكس بعض الاشعة مرتين داخل القطرة الواحدة (ت) . وهذا ما يسبب تعاكس ترتيب الالوان في القوس الثانوي .

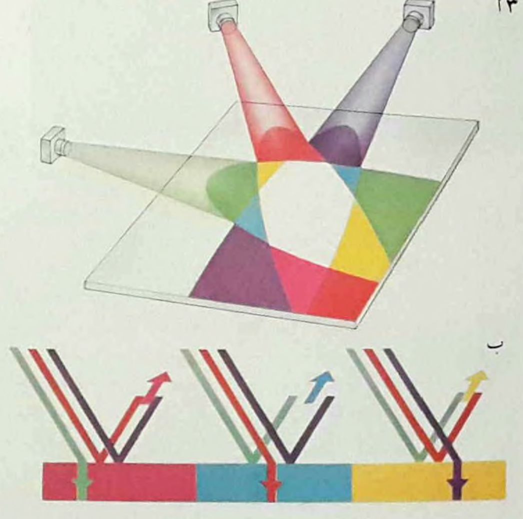
مجالات كهربائية ومغنطيسية مرتجة . بينما تتأتّى في الصوت عن ارتجاجات الوسط المارة فيه . كالهواء او الماء ·

يُدخِل صانعو الاصباغ « اللونين » الابيض والاسود في مجموعات الوانهم . لكنهما ليسا قط من الالوان بحصر المعنى · فالاسود ليس سوى انعدام الضوء وبالتالي انعدام اللون . والابيض مؤلَّف من مزيج من عدة الوان اساسية . وهو ما يمكن رؤيته عند مرور ضوء الشمس من خلال موشور · فضوء الشمس الابيض يتفكّك الى شريط من الالوان يسمّى طيفا · يبدو الطيف تماما كقوس قزح · (١)

علم التحليل الطيفي

تفكيك الضوء لتكوين طيف امر مهم في العلم (٧) · فثمة عناصر مختلفة تتوهّج بالوان مختلفة . عندما ترفع حرارتها الى





(٢) ـ ليس طيف الضوء المرئي سوى جزء صغير من طيف اكبر منه بكثير يحوي مدى الاشعاع الكهرطيسي بكامله · تكمن وراء الطرف الازرق الاشعة السينية والاشعة فوق البنفسجية واشعة غمّا . وجميعها غير مرئية . بينما تكمن وراء الطرف الاحمر الاشعة تحت الحمراء (اشعة حرارية) والموجات الدقيقة والموجات الاشعاعية · لكل اشعاع كهرطيسي القدرة على الولوج في صلب المادة الى حد ما · اكثر الاشعة ولوجا الاشعة ذات التوتر العالي . اي الاشعة السينية واشعة غمّا ·

(٣) ـ يختلف مزج الالوان اذا مزجت اضواء او صبغات · الاضواء تمتزج بالجمع (أ) . فتمتزج الالوان الاساسية الثلاثة الاحمر والاخضر والازرق لتعطي الابيض · تتكوّن الالوان الثانوية . وهي الاصفر والاحمر الارجواني والازرق الداكن . بمزج كميتين متساويتين من لونين اساسيين · اما الالوان الصبغية . فتمتزج بالإسقاط (ب) . بحيث يتمّ امتصاص احدها قبل ان تمتزج الباقية ·

درجة كافية او عندما تتعرض لتفريغ كهربائي. كما تفعل الغازات في اضواء الصوديوم لانارة الشوارع واشارات النيون لتنظيم السير. كذلك اذا جعلنا ضوء مادة متوهجة يمر خلال موشور، وفحصنا الطيف الحاصل الذي يتخذ شكلا مختلفا حسب مصادر الضوء المختلفة، امكننا التعرف على المادة المتوهجة. وهذا مفيد في جميع انواع التحاليل، وبنوع خاص في اكتشاف العناصر الموجودة في الشمس والكواكب. الفرع من العلم الذي يعنى بمثل هذه الامور يسمى المطيافية.

القسم الاكبر من اللون الذي يبلغ اعيننا يأتي من اشياء ملونة بطبيعتها او مدهونة او مصبوغة. عندما يقع الضوء الابيض على سطح جسم احمر، ينعكس ضوء احمر عن الجسم، لكن السطح يمتص جميع الوان الضوء الابيض الاخرى. يمكن احداث اللون ايضا

٤ أ

ب

ت

١ ٢ ٣

٥

(٤) ـ اذا رفعت الى درجة التوهج حرارة جسم جامد او غاز مؤيّن مضغوط، يتولّد عن ذلك طيف متواصل (أ). تحت ضغط خفيف يتولّد عن الغاز طيف ابتعاث (ب). في الشمس (ت)، الضوء المنطلق من الداخل (١) يمتص جزئيا عندما يمر خلال المناطق الخارجية (٢) ويولّد طيف امتصاص (٣).

(٥) ـ شجرة مونسلّ الملوّنة نظام لتدريج اي من الالوان. تقاس النُقبة (اللون الاساسي) والكثافة (كميّة اللون) والقيمة (درجة الضياء والظلمة). فيعرف بواسطتها مكان اللون على الشجرة من بين سائر الالوان. تحدد النُقبة بموقعها على محيط الشجرة، والكثافة ببعدها عن الجذع، وقيمتها بمكانها في الجذع.

(٦) ـ يستعمل الضوء كواسطة لنقل معلومات بسيطة بطريقة سريعة وبدون لبس. فعلى الطريق يدل الضوء الاحمر في مؤخر السيارات على ضرورة «**الوقوف**» او على «**الخطر**».

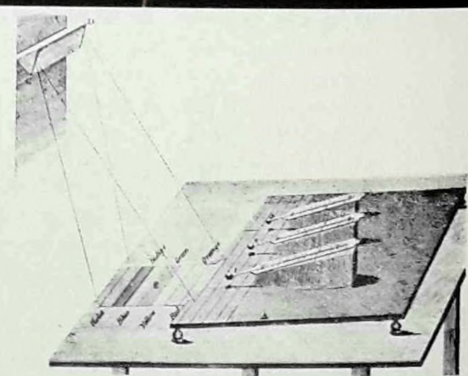
(٧) ـ الموشور يحلل الضوء محدثا طيفا من الالوان. في عام ١٨٠٠ وضع الفلكي البريطاني وليم هرشل موازين حرارة وراء الطرف الاحمر من الطيف ولاحظ ارتفاعا في درجة الحرارة، فاستخلص من ذلك ان الطيف يحلل ايضا اشعة حرارية غير مرئية (تدعى الآن الاشعة تحت الحمراء).

بطرائق اخرى ، فيمكن تسخين مادة الى درجة تصبح معها متوهجة باللون . كذلك المركبات الضوئية كالفوسفورات في شاشة تلفزيون ملوّن تظهر بالالوان . عندما تصطدم بها اشعة مهبطية غير مرئية (حزم من الإلكترونات) او اشعة فوق بنفسجية .

يستطيع البشر (وحيوانات كثيرة) ادراك اللون ، لأن الشبكية في العين تحتوي على ثلاثة انواع من اجهزة الاحساس بالضوء

٦

٧



يمكنها ان تلتقط مجالات مختلفة من الترددات الضوئية الخفيفة تطابق تقريبا الاحمر والاخضر والازرق . اما الالوان الاخرى . فيمكن احداثها بمزج اضواء هذه الالوان الاساسية الثلاثة بنسب مختلفة .

المزج الجمعي والمزج الاسقاطي

قد يبدو غريبا لإنسان اعتاد مزج الاحمر والاخضر على فرشاة دهان وحصل على اللون البني ان يقرأ ان الاحمر والاخضر يعطيان الاصفر . لكن لا غرابة في ذلك لأن الاضواء الملونة تمتزج بطرائق مختلفة عن الاصباغ الملونة . فجهاز تلفزيون ملوّن يعطي ضوءا ملونا . واذا فحصنا بدقة شاشة مضاءة يتبيّن لنا انها تحتوي على نقط او خطوط حمراء وخضراء وزرقاء . تندمج من بعيد فتشكل صورة ملوّنة . لكن عن قريب يمكن رؤية الاصفر مركبا من ضوئين احمر واخضر . هذا النوع من مزج الالوان الذي يمتزج فيه الضوء مباشرة يسمى مزجا جمعيًا (٣) . واية مجموعة من ثلاثة اضواء كالاحمر والاخضر والازرق تمتزج لتعطي اي لون آخر او تمتزج بالنسبة الملائمة لتحدث الضوء الابيض تعرف بأنها الوان اوليّة او اساسية .

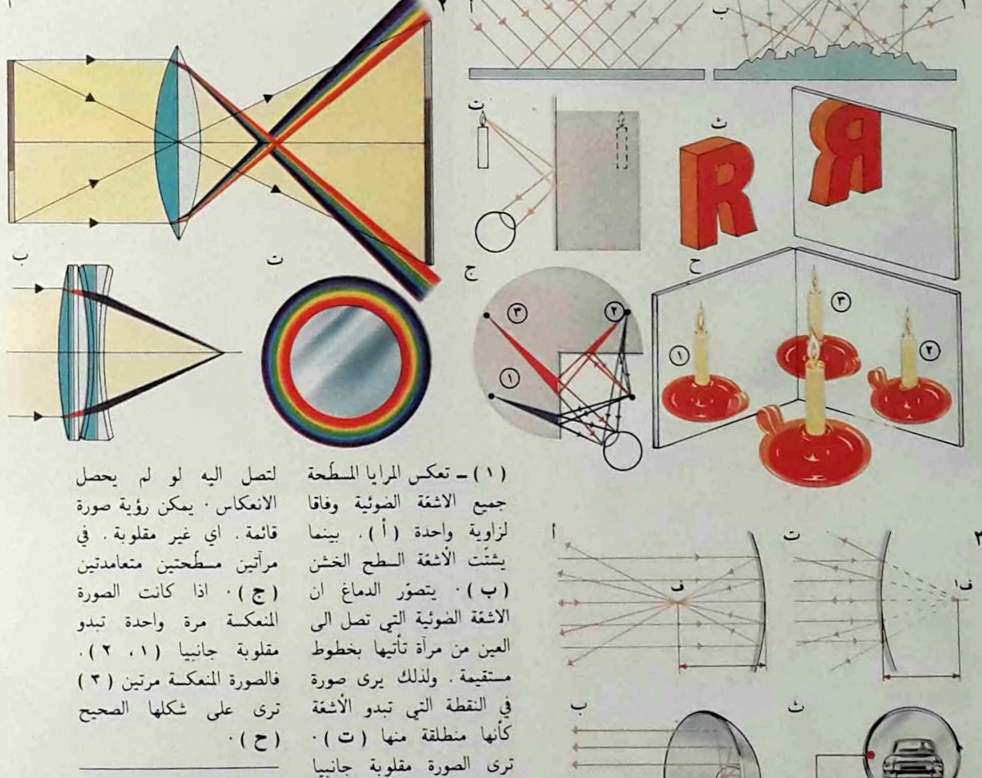
اما عند احداث الوان بمزج اصباغ وادهان واحبار . فما يحدث هو مزيج اسقاطي (٣) . لا تتكوّن الالوان بامتزاج الالوان الاساسية الثلاثة مباشرة . بل بامتصاصها بعض هذه الالوان من الضوء الذي ينير سطح الجسم المدهون . هكذا يمتص الصبغ الاصفر من الضوء الابيض الملقى عليه اللون الازرق ويحتفظ به ويعكس الاحمر والاخضر اللذين يمتزجان فترى العين مزيجهما لونا اصفر .

المرايـا والعدسَات

كل انسان تقريبا ينظر الى نفسه في المرآة مرّة واحدة على الأقل في اليوم . ويقضي الاشخاص الذين يشكون ضعفاً في بصرهم معظم عمرهم ينظرون الى العالم حولهم من خلال نظّارات او عدسات تماس . كذلك تساعدنا التلسكوبات والمناظير والمجاهر والكاميرات والمساليط على تفحّص ما يحيط بنا بتفصيل ادق كثيراً مما يمكن للعين المجردة ادراكه . جميع هذه الأدوات تستخدم مرايا او عدسات ، وتطبّق في عملها قوانين البصريّات البسيطة .

الاشعة الضوئية والصور

يرسل اي جسم مضاء او مضيء اشعة



(١) ـ تعكس المرايا المسطّحة جميع الاشعّة الضوئية وفاقا لزاوية واحدة (أ) . بينما يشتّت الأشعّة السطح الخشن (ب) . يتصوّر الدماغ ان الاشعّة الضوئية التي تصل الى العين من مرآة تأتيها بخطوط مستقيمة . ولذلك يرى صورة في النقطة التي تبدو الأشعّة كأنها منطلقة منها (ت) . ترى الصورة مقلوبة جانبيا (ث) لأن الاشعّة المنعكسة تصل الى الجانب من العين المقابل للجانب الذي كانت لتصل اليه لو لم يحصل الانعكاس . يمكن رؤية صورة قائمة ، اي غير مقلوبة ، في مرآتين مسطّحتين متعامدتين (ج) . اذا كانت الصورة المنعكسة مرة واحدة تبدو مقلوبة جانبيا (١ ، ٢) . فالصورة المنعكسة مرتين (٣) ترى على شكلها الصحيح (ح) .

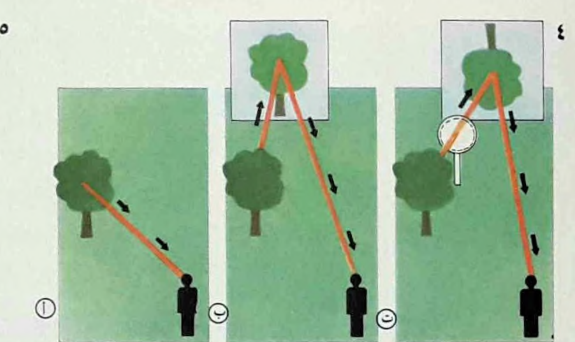
---

(٢) ـ يحدث الزيغ اللوني اهدابا ملوّنة حول حواف العدسات . وقد لا يكون قسم

ضوئية تنطلق في جميع الاتجاهات بخطوط مستقيمة • تتكوّن الصورة كلما تلاقت الاشعّة الضوئية المنطلقة من نقطة واحدة من الجسم • لكن لا يمكن لهذه الاشعّة ان تلتقي الا اذا اعترضها جسم كالعدسة مثلا من شأنه ان يثنيها ويجعلها تتلاقى • يمكن رؤية الصورة المكوّنة على شاشة موضوعة في النقطة ذاتها التي تتلاقى فيها الاشعّة • اذا تلاقت الاشعّة تماما ، تأتي الصورة واضحة ، فيقال ان الصورة في البؤرة ، وتكون صورة حقيقية •

من ناحية أخرى ، تحدث المرايا المسطّحة صورا لا يمكن رؤيتها على شاشة • ففي هذه الحالة ، بعد ان تنثني الاشعّة الضوئية ، تتابع تباعدها بدلا من ان تتقارب • لكن بما ان الدماغ الانساني يفترض دائما ان الاشعّة الضوئية تصل الى العين بخط مستقيم ، فاننا نرى الصورة في المكان الذي تبدو الاشعّة كأنها منطلقة منه (٤) • هذه الصورة تسمّى الصورة

٤



٥

من الصورة واضحا (ت) • يحدث هذا النوع من الزيغ في العدسات المفردة ، لأنها تعمل كالمواشير وتجعل الضوء الأزرق ينعطف اكثر من الضوء الأحمر (أ) • لكن اذا جمعت هذه العدسة مع عدسة مقعّرة اضعف منها (ب) ومصنوعة من زجاج مختلف ، يزول اثر التشتّت هذا ، اذ تنتقل الأشعّة الزرقاء والأشعّة الحمراء الى بؤرة واحدة ، فتتكوّن اذ ذاك صورة اكثر دقة ووضوحا •

(٣) — تنتج المرايا المقوّسة صورا حقيقية وصورا افتراضية • فالمرآة المقعّرة (أ) تعكس اشعّة حزمة ضوئية متوازية ، بحيث تجعلها تتقارب وتلتقي في بؤرة المرآة ف فتتكوّن صورة حقيقية لشيء بعيد على شاشة موضوعة في البؤرة • اما المرآة المحدّبة (ت) ، فتجعل اشعّة حزمة متوازية تتباعد ، كما لو كانت آتية من البؤرة فَ ، وهذا ما يولّد صورة افتراضية مصغّرة ، كما هي الحال في مرآة السيارة (ث) •

(٤) — تعكس الشجرة الاشعّة الضوئية في جميع الاتجاهات ، يمكن للعين ان تراها مباشرة (أ) وان ترى صورة افتراضية لها داخل مرآة (ب) ، او ان ترى صورة حقيقية لها تعكسها عدسة (ت) على شاشة •

(٥) — في المجهر تتكوّن صورة النموذج بواسطة عدسة المجهر الداخلية المسمّاة الشيئيّة ، ثم ترى هذه الصورة بواسطة العينيّة وهي عدسة المجهر الأقرب الى العين ، فتكبّرها وتعطي عنها رؤية غاية في القرب •

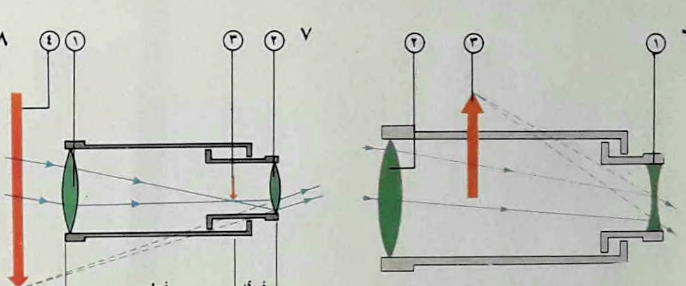
١ - عدسة المجال التي تشكل جزءاً من المجهر •
٢ - عدسة المجهر الأقرب الى عدسة العين واسمها العينية •
٣ - النموذج موضوعا على الشريحة الزجاجية •
٤ - عدسة المجهر الداخلية او الاقرب الى النموذج واسمها الشيئيّة •
٥ - يكبّر المجهر الزاوية التي بها يدخل العين الضوء الآتي من النموذج وتظهر الصورة الافتراضية النهائية واقعة على هذا السطح •
٦ - مرآة تعكس الضوء على النموذج •

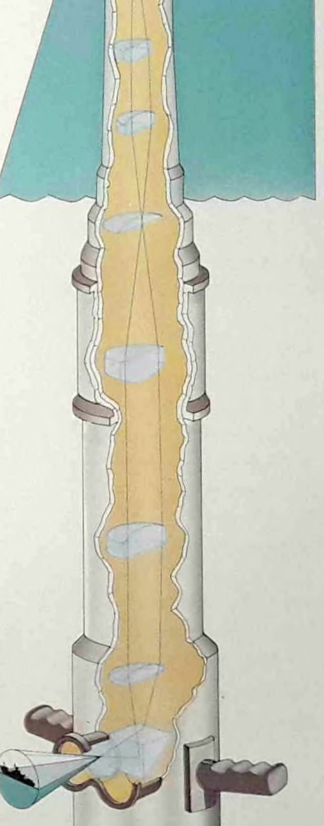
الافتراضية ، وهي دائما واضحة (١) ·

اما المرايا المقوّسة (٣) فتحدث صورا تختلف حجما وشكلا عن الجسم الذي تمثّله · فالمرآة المحدّبة (التي تتقوّس الى الخارج باتّجاه المراقب) تعطي صورة افتراضية اصغر ، وذلك لأنها تجعل الاشعّة تتباعد اكثر مما لو كانت آتية مباشرة من الجسم · هذا ما يحدث بالفعل عندما يكون الجسم بعيدا فيبدو اصغر مما هو ، كما يحصل في مرآة الرؤية الخلفية في السيارة · اما المرآة المقعّرة (المقوّسة الى الداخل) ، فتعطي الأثر المعاكس · فهي تجعل الاشعّة تتقارب ، فيبدو الشيء قريبا وبالتالي اكبر مما هو ·

انعطاف الضوء

اذا وقعت الاشعّة الضوئية على جسم شفّاف ، يدخل اكثرها الجسم ويخرج من الجهة المقابلة · لكن هذه الاشعّة تنعطف ابّان





(٦) – لمناظير المسرح زوج من التلسكوبات تعرف بتلسكوبات غاليليو ، فالعدسة العينية المقعّرة (١) موضوعة داخل بؤرة العدسة الشيئيّة المحدّبة (٢) للحصول على صورة قائمة مكبّرة (٣) · للعدستين قدرة مكبّرة خفيفة ، اكتشف غاليليو اقمار المشتري باستعماله أداة من هذا النوع ·

(٧) – للتلسكوب الفلكي نظام بصري شبيه بنظام المجهر · قوامه شيئيّة (١) (بعدها البؤري فو ، وعينية (٢) بعدها البؤري في · يتجمّع الضوء المتوازي الآتي من جسم بعيد ليكوّن صورة مقلوبة (٣) · عندئذ تبدو الأشعّة الضوئية كأنها آتية من الصورة المقلوبة الكبيرة (٤) ·

(٨) – يتألف المنفاق ، في ابسط اشكاله ، من مرآتين تشكلان معا زاوية ذات ٤٥ واحدة منهما فوق الأخرى ، بحيث ان الصورة تنعكس من اعلى الجهاز نحو المراقب عند قاعدته · يعمل المنفاق البحري وفاقا للمبدأ ذاته ، لكن له مواشير بدلا من المرايا ونظاما من العدسات يعطي صورة مكبّرة او مجالا واسعا للرؤية ·

(٩) – يحدث الزيغ الكروي صورة غامضة · فالأشعّة التي تمر من خلال مركز العدسة تشكّل بؤرة في منطقة غير النقطة التي تلتقي فيها الاشعّة التي تمر من خلال الحافّة · لذلك ليس هناك مكان واحد تتجه اليه جميع الاشعّة لتنصبّ معا في بؤرة واحدة · يخفّف الزيغ الكرويّ بتضييق العدسة ·

٩

مرورها خلال السطوح ، فتنحرف عن السطح اذا دخلت وسطا اكثر كثافة ، وباتجاهه اذا خرجت من وسط اكثر كثافة · هذا الاثر يسمّى انكسارا · غير ان من الاضواء ما ينعكس بدلا من ان ينكسر · فاذا غادرت الاشعّة الضوئية وسطا اكثر كثافة ، ووقعت على سطح بزاوية معيّنة تسمّى الزاوية الحرجة او بزاوية اصغر منها ، فانها تنعكس كلها (وقد لا ينكسر شيء منها) ويبقى الضوء في داخل الوسط الكثيف · يخضع مقدار الانعطاف لدليل انكسار الوسط · فكلما ازداد دليل الانكسار ازداد مقدار الانعطاف ·

الانكسار والعدسات

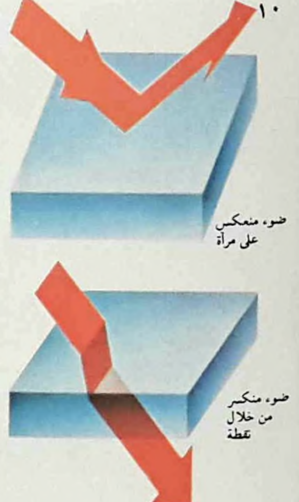
يفسّر الانكسار لماذا تبدو الاشياء التي ترى في الماء اقل عمقا مما هي عليه في الواقع · فالاشعّة الضوئية الصادرة عن جسم مغمور تنعطف عندما تخرج من الماء ، لكن العين ، كعادتها ، تتصوّر ان الاشعّة وصلت اليها من الجسم بخط مستقيم ·

تعمل العدسات وفقا لقانون الانكسار (١١) ، فشكلها من شأنه ان يثني بمقادير مختلفة الاشعّة الضوئية التي تمر من خلالها · في العدسات المحدّبة ـ وهي التي يتقوّس فيها السطحان الى الخارج ـ تتقارب الاشعّة التي تمر من خلالها وتتلاقى لتكوّن صورة حقيقية · فالعدسات في آلة التصوير الشمسية وفي المسلاط وفي العين تعمل على هذا المنوال ·

تحدث العدسات المفردة انواعا عدّة من الزيغ (٩ ، ٢) او التشويه في الصورة · فقد تظهر اهداب ملوّنة حول الحواف ، وقد لا يكون قسم من الصورة واضحا · لكن عندما تجمع معا عدسات مختلفة ، فان شوائب بعضها تلغي شوائب البعض الآخر ·

في هذه العدسات يجب اعطاء كل عنصر شكلا معينا ووضعه في موضعه بكل دقة · تستعمل اكثر الأدوات البصرية عدسات لإحداث صور (٥ ، ٦ ، ٧) · لكن اكبر التلسكوبات المستعملة في المراصد لها جميعها مرآة مقعّرة لإحداث صورة حقيقية للكواكب البعيدة ، وعدسة مكبّرة للنظر الى تلك الصور بواسطتها ·

١٠



(١٠) ـ تحوّل المرايا والعدسات مسارات الضوء وفاقا لقوانين بسيطة · تعكس المرآة الأشعّة الضوئية ، بحيث تجعلها تغادر المرآة بزاوية تساوي زاوية سقوطها عليها · ويفترض الدماغ ان الأشعّة التي تصل الى العين تسير من الجسم بخطوط مستقيمة ، لذلك يرى صورة داخل المرآة · اما المادة الشفافة ، فتكسر الضوء الذي يمر من خلالها بحيث ان مسار الأشعّة ينعطف عند السطح وفاقا لزاوية معيّنة حسب دليل الإنكسار في هذه المادة · بما ان الدماغ يفترض ان الضوء لا ينتقل الا بخطوط مستقيمة ، فالصورة التي يراها تكون في غير مكان نموذجها الحقيقي ·

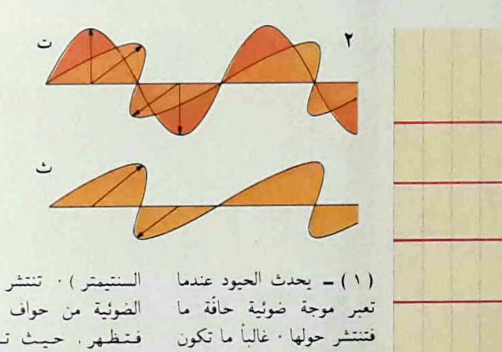
(١١)ـ تنتج العدسات صورا ، لأن الاشعّة الضوئية تنكسر عندما تمر من خلال العدسة · فالاشعّة تتقارب عندما تمر من خلال عدسة محدّبة (١) ، وتتباعد عندما تمر خلال مرآة مقعّرة (٢) ، وذلك بقطع النظر عن اتجاه حركة الأشعّة · وهكذا بوسع العدسات المحدّبة ان تجعل الاشعّة الضوئية تتلاقى ، فتنتج صورا حقيقية ، بينما لا تعطي العدسات المقعّرة سوى صور افتراضية ·

١١



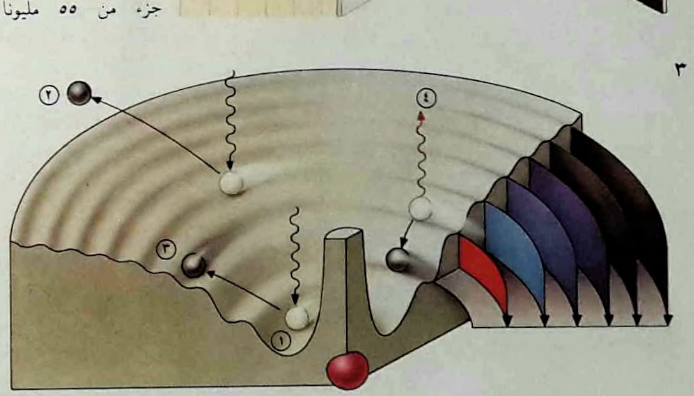
الموجات الضوئية

في القرن السابع عشر، كان العلماء منقسمي الرأي حول طبيعة الضوء. كان بعضهم يعتقد أن الضوء مكوّن من جسيمات من نوع خاص، بينما كان غيرهم يحاول أن يبرهن أنه مؤلف من موجات. كان تفسير الانعكاس سهلاً وفقا لنظرية الجسيمات. فبالامكان وصفه كوثبات جسيمات عن سطوح تشبه وثبات الكرات من فوق طاولة البليارد. أما الانكسار، فكان تفسيره أصعب؛ فلماذا بعض الجسيمات ترتد عن سطح بينما غيرها تعبر من خلاله؟ كذلك كان من المحال تفسير بعض الآثار الأُخرى بنظرية الجسيمات. لذلك قبلت أخيراً نظرية الضوء التموّجية، وأهملت نظرية الجسيمات.



(١) ـ يحدث الحيود عندما تعبر موجة ضوئية حافّة ما فتنتشر حولها. غالباً ما تكون هذه الظاهرة طفيفة الى درجة أنها لا تُرى، لكنها تلاحظ عندما تمر الموجات من خلال فتحة يساوي حجمها طول الموجة (طول موجة الضوء هو جزء من ٥٥ مليوناً من السنتيمتر). تنتشر الموجات الضوئية من حواف الفتحة، فتظهر، حيث تتقاطع، حزمات من النور والظلمة متعاقبة.

(٢) ـ قوام الضوء غير المستقطب ذبذبات على جميع المستويات تنتشر بزوايا قائمة بالنسبة الى اتجاه الموجة الضوئية. تدل السهام على مستويات ذبذبات الموجة (أ). أما الضوء المستقطب، فقوامه ذبذبات في مستوى واحد (ب). قوام الأشعة الضوئية، هو مجالات كهربائية ومغنطيسية تتذبذب بزوايا قائمة (ت). الذبذبة الكهربائية وحدها تشير الى سطح الاستقطاب (ث).

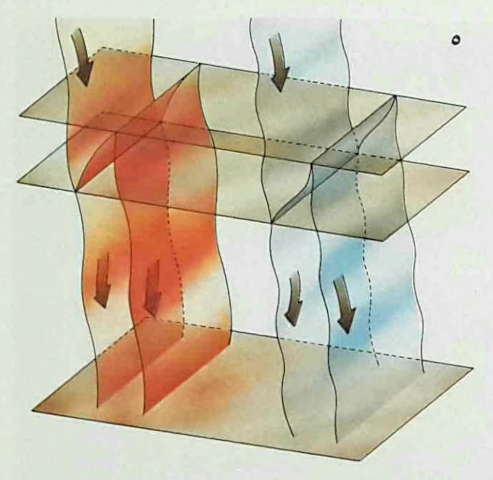


حركة الضوء الموجية

في تلك الايام لم يكن أحد يعرف بالضبط ماذا يتذبذب في الضوء ليجعله يتصرف كحركة موجية . ولا كيف تتكوّن الموجات . لكن في سبعينات القرن المنصرم . بدأت هاتان المشكلتان تجدان لهما حلاً . فقد اكتشف أن الموجة الضوئية قوامها مجالان : أحدهما كهربائي والآخر مغنطيسي . يسير كل منهما معامدا للآخر وبإتجاه الحركة ؛ كما تبين أيضاً أن الموجات الضوئية انما هي جزء من مجموعة كاملة من الموجات الكهرطيسية التي تشمل الاشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء واللاسلكية . وانه يمكن احداث موجات ضوئية بتغيير مدارات الالكترونات في داخل الذرات (٣) .

ظاهرات التداخل

لنأخذ فتحة من الفتحات ولنسلط الضوء



(٣) ـ يتولد الضوء عندما تزيد سرعة الالكترونات أو تفقد الذرات من طاقتها . عادة يدور الالكترون حول نواة الذرّة في مدار معيّن (١) . فاذا تلـلقت الذرة طاقة كالحرارة أو الضوء أو الطاقة الكهربائية . قد ينسحب الالكترون (٢) أو ينتقل الى مدار اعلى (٣) . ثم قد ينحدر بعد ذلك الى مدار أدنى مطلقاً طاقة بشكل ضوء مرئي (٤) (يظهر هنا كسهام ملونة) أو كشعاع غير مرئي (السهام السوداء) .

(٤) ـ يحدث التداخل عندما تسير موجتان بطول واحد في المسار ذاته (١ ، ٢) . تتفاعل الموجتان لتعطيا موجة ضوئية جديدة (٣) . اذا كانت الموجتان متوافقتي الطور (أ) . تكون الموجة الجديدة أكثر سطوعاً من كليهما . واذا كانتا مختلفتي الطور قليلاً (ب) يكون اشعاع الموجة الجديدة موازياً للموجات الأساسية . واذا كانتا متفاوتتي الطور كليا (ت) ، فيلغي كل من القمة والغور بعضهما بعضاً . ولا تنجم عنهما موجة جديدة .

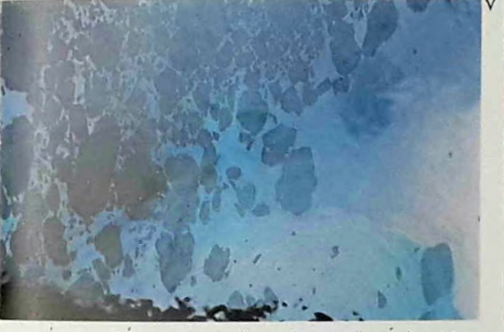
(٥) ـ عندما يتألق بالألوان غشاء، كفقاعة صابون أو غشاء زيتيّ . ينعكس جزء من الضوء المارّ من خلال الغشاء بين سطوح الغشاء الداخلية . ثم يبرز ليتداخل مع القسم الباقي من الضوء المارّ بخط مستقيم . بعض الموجات تتبع مسارات ذات أطوال موجية مختلفة وتكون متوافقة الطور فيقوّي بعضها بعضاً (الاحمر) . بينما تلغي الموجات الأخرى (الازرق) بعضها بعضاً ولا تُرى .

عليها . فنرى الجبهات الموجيَّة المنطلقة من حافتي الفتحة تتقاطع · وعندما تتلاقى قمتان من الموجات يحدث ازدياد في السطوع . لكن عندما تتلاقى قمة وغور . يبطل أحدهما عمل الآخر . فلا تحصل ذبذبة ولا يكون ضوء · نتيجة لذلك يحصل تعاقب من ضوء وظلمة في الفتحة بدلاً من صورة واحدة للفتحة (١) · هذه الظاهرة التي يقوّي فيها الموجات بعضها بعضاً أو يبطل بعضها بعضاً تسمى تداخلاً (٤) · اذا انقسم شعاع ضوئي الى شعاعين . ثم اتحدا فيما بعد. امكننا أن نرى ظاهرات التداخل اذا سار أحد الشعاعين المنقسمين في مسار أطول من مسار الآخر قبل اتحادهما ثانية · قد تكون القمم والأغوار متفاوتة الطور (اي ليستا معا بدقة) فيؤثر ذلك في الضوء · هذا ما يحصل بين سطحين أحدهما قريب جداً من الآخر . كما هي الحال في فيلم رقيق أو في قطعتين من

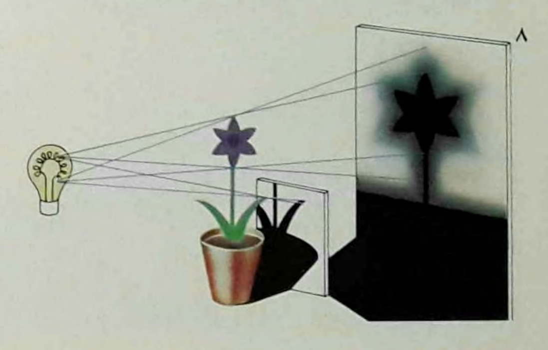
٦



٧



٨



(٦) ـ لحزَزة الحيود شبكة دقيقة · عندما يمر الضوء الابيض من خلالها ينعطف بإتجاهات عدة . وينقسم الى طيف من الألوان · كل طول موجة ينعطف بمقدار مختلف ·

(٧) ـ التداخل يسبب الانعكاسات الملوّنة في الفقاقيع والاغشية الزيتيّة على سطح الماء. فيتداخل الضوء المنعكس من قمة الغشاء، مع الضوء المنعكس من السطح الاسفل ·

(٨) ـ تتكون الظلال بحواف واضحة عندما يُلقى الضوء على شيء قريب . لكن الحواف تصبح أقل وضوحاً كلما ابتعد الضوء · هذا ما يمكن تفسيره بسهولة . لأن الموجات الضوئية تسير بأشعة مستقيمة ، ولكل مصدر ضوء حجم ما · تبيّن مسارات الأشعة وجود منطقة على حافة الظل مضاءة جزئياً · هذه المنطقة (منطقة شبه الظل) تجعل حدود الظل غير واضحة · أما الجزء المظلم من الظلّ (وهو سويداء الظلّ) . فهو محجوب تماماً عن مصدر الضوء · كلما اقترب الظل من الشيء الذي يلقيه . يتقلّص شبه الظل . وهكذا تبدو الظلال القريبة أكثر وضوحاً ·

(٩) ـ الضوء الذي يعكسه

الزجاج مضغوطتين معاً ، حيث تظهر أشكال مهدّبة زاهية (٥) ؛

ينتشر الضوء ، من أية نقطة تولده أو تعكسه ، في اشكال دوائر تتمدد الى ما لا نهاية له ، على غرار الموجات الصغيرة المتشكلة في دوائر فوق بركة ماء . يمكن تصور كل شعاع ضوئي متحركاً في خط مستقيم يحدث في الفضاء سلسلة متواصلة من الحركات التذبذبية المتمددة الى ما لا نهاية له .

نادراً ما يرى ظلّ جسم ما واضح الحوافّ . وذلك يعود الى أن لمصدر النور ، مهما صغر ، دائماً بعض الحجم (٨) . اذا كان حجم المصدر متناهياً في الصغر ، قد نتوقع ظهور ظلال واضحة كل الوضوح ، لأن الأشعة الضوئية تعتبر خطوطاً مستقيمة ، لكن ليس هذا ما يحدث في الواقع . فجميع الموجات تنتشر حول حافة الجسم ، وهي ظاهرة تسمى حيوداً (١) .

استقطاب موجات الضوء

هناك ظاهرة أخرى تجدر ملاحظتها في الموجات الضوئية ، هي الاستقطاب (٢) . في موجة ضوئية عادية تتذبذب المجالات الكهربائية والمغنطيسية في سطوح مختلفة موجّهة عشوائياً بالنسبة الى اتجاه سير الموجات . أما في الضوء المستقطب فالتذبذب يحصل على سطح واحد . تتم عملية استقطاب الضوء بجعله يمر في مرشحة أو مصفاة تلغي جميع الذبذبات باستثناء تلك التي تتحرك على مستوى سطح واحد معيّن . هذه الحزمة المستقطبة لا تمر من خلال مرشحة ثانية الا اذا كانت مركّزة وفق الزاوية الصحيحة لتتمكن الذبذبات من العبور وإلاّ صدّت الحزمة . ان الضوء المنعكس عن سطوح وفقاً لزوايا معيّنة يُستقطب . ونظارات الشمس المستقطِبة (٩) تحول دون الوهج لصدّ الحزم التي انعكست على هذا النحو . كذلك محاليل بعض المواد الكيميائية كالسكاكر المختلفة تجعل سطح استقطاب الضوء المارّ من خلالها يدور . تستخدم هذه الظاهرة في الكيمياء لتحليل هذه المحاليل .

٩ أ ب



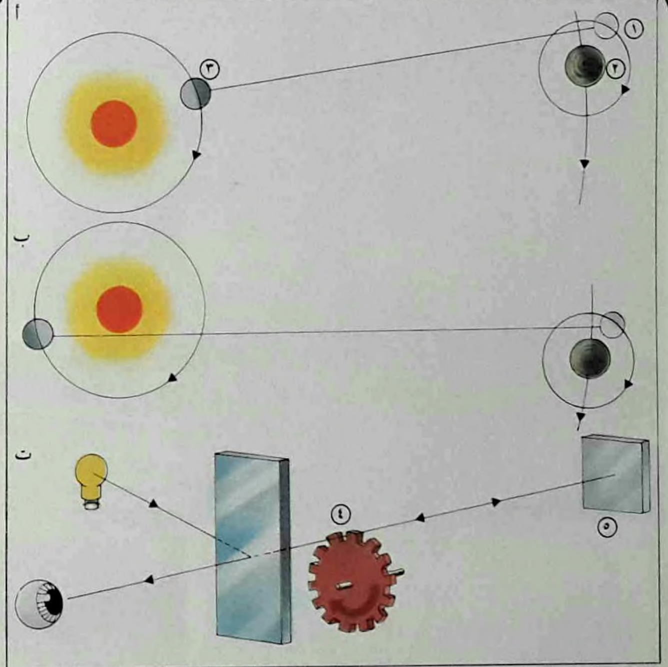
الزجاج أو الماء يستقطب جزئياً . هنا (ب) تصبح الرؤية من خلال نافذة حانوت صعبة بسبب الانعكاس . تعطي صورة شمسية مشابهة أخذت بواسطة مرشحة استقطاب في الكاميرا منظراً خالياً من الانعكاس (أ) . النظارات الشمسية المستقطبة تخفف الوهج بالطريقة ذاتها .

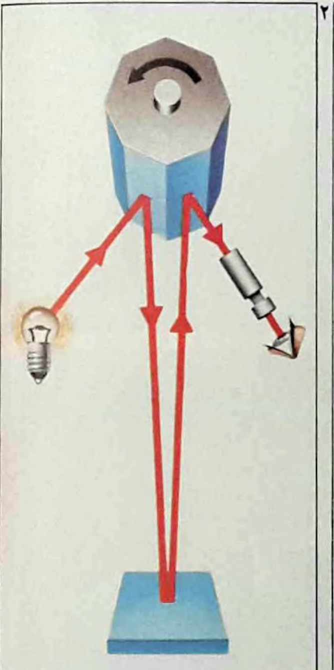
سرعة الضوء

كلما فتحنا زراً كهربائياً ، يغمر النور الغرفة على الفور او تقريباً على الفور . يستغرق الضوء جزءا من الثانية لينتقل من مصباح الاضاءة الى عيوننا . لكن هذا الوقت قصير الى درجة اننا لا نشعر به . في نظر قدامى العلماء ، لم يكن الضوء يتطلّب وقتاً للإنتشار . وقد أكّد الكثيرون منهم انَّ سرعته لامتناهية .

تحديد سرعة الضوء

عارض غيرهم هذا الرأي . وفي مقدّمتهم الفلكي الايطالي غاليليو (١٥٦٤ - ١٦٤٢) الذي حاول قياس سرعة الضوء باكتشاف الوقت الذي يستغرقه انتقاله بين تلّتين بعيدة





(١) - أوّل من حدّد سرعة الضوء اولاوس رومر عام ١٦٧٥ (أ) . رأى خسف المشتري (٢) لأقماره (١) ولاحظ ان وصول الضوء المنبعث من الأقمار الى الأرض (٣) ، عندما يدنو مدارها من المشتري ، يتطلّب وقتاً اقصر من الوقت الذي يتطلّبه عندما يكون بعيدا وراء الجهة المقابلة من الشمس (ب) ، ولمّا كان يعرف المسافات والأوقات التي يقتضيها وصول الضوء ، توصّل الى حساب سرعة الضوء . وفي عام ١٨٤٩ ، قام ارمان فوزو (١٨١٩ - ١٨٩٦) بتحديد آخر (ت) . جعل الضوء ينعكس على مرآة (٥) من خلال اسنان دولاب دوّار (٤) ، ثم يعود من خلال الأسنان الى المراقب . لم يكن الضوء يُرى الا عندما كان الدولاب يدور بسرعة فائقة لا يمكن معها للأسنان ان تصدّه في طريق عودته . من الفسحات بين الاسنان وسرعة دوران الدولاب وبُعد المرآة (٨ كلم) ، تمكّن

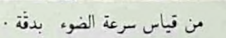
احداهما عن الأخرى . لم تسفر تجربته عن نتيجة ، ولكنّها بيّنت انّه اذا كانت للضوء سرعة خاصة ، فهي كبيرة جداً . جاءت لتثبت هذا الرأي مراقبات أقمار المشتري التي قام بها عام ١٦٧٥ (١) الدنمركي اولاوس رومر (١٦٤٤ ـ ١٧١٠) . فغالباً ما يخسف المشتري الأقمار التي كان غاليليو قد اكتشفها عام ١٦١٠ . لكن رومر لاحظ انّ النبوءات بأوقات الخسوف كانت تخطىء بما لا يقلّ عن ٢٢ دقيقة . فاستنتج من ذلك انّ هذه الفروقات تحصل لأن المسافة بين الأرض والمشتري تختلف باختلاف اوضاعهما في مداريهما حول الشمس . ولأن الضوء يستغرق من جرّاء ذلك اوقاتاً مختلفة ليصل من المشتري الى الأرض . لمّا كانت المسافات معروفة ، جاء رومر بتقدير لسرعة الضوء لا بأس به . اذ انّه حصل على قيمة ٢٢٧٠٠٠ كلم في الثانية ، بينما السرعة الحقيقية هي

٣ أ

٤



ب



من قياس سرعة الضوء بدقّة .

(٢) ـ استعمل ميكلسون مرآة دوّارة لقياس سرعة الضوء عام ١٩٢٧ . كان الضوء يسير من احد وجوه المرآة باتّجاه مرآة أخرى مسطّحة تبعد ٣٥ كلم . ثم يعود الى وجه آخر ثم الى العدسة العينية من مجهر . كان يتمّ الحصول على صورة لمصدر الضوء بواسطة المرآة وهي ثابتة . ثم كانت تدار بسرعة كافية لمشاهدة الصورة فيها وهي بالوضع ذاته . كانت سرعة دوران المرآة كبيرة بحيث كان الوجه الثاني يعود الى وضعه ، بينما يقطع الضوء مسافة ٧٠ كلم في سيره الى المرآة المسطّحة ومنها . حُسبت سرعة الضوء استناداً الى سرعة الدوران .

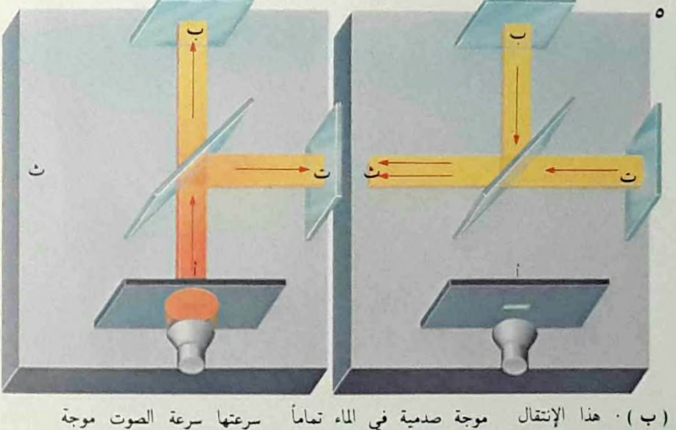
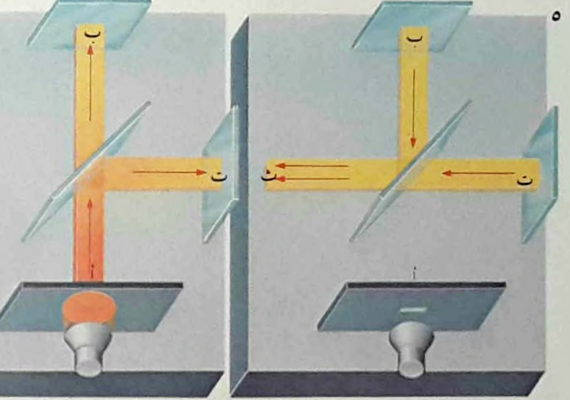
(٣) ـ يظهر السراب في الصحراء (أ) . لأن الهواء الحار يعمل كمرآة . تحمل حرارة الرمل طبقات الهواء المختلفة الحرارة على التراكم فوق الأرض . كما تحمل الاشعّة الضوئيّة المنطلقة من الأرض على الإنعطاف عند مرورها خلال الطبقات الهوائية (ب) . لكل طبقة دليل انعكاس مختلف . في الحالات القصوى . تنعطف الاشعّة الضوئيّة بحيث انّها ترتدّ الى الوراء نحو الأرض . فتظهر صورة شيء ما فوق الأفق .

(٤) ـ لا ينتقل الضوء الذي يصلنا من الأجرام العلويّة على الفور . انّه يستغرق ١,٢٥ ثانية ليصل من القمر الى الأرض ، و ٨ دقائق من الشمس الى الأرض . وأكثر من ساعة ليصل من زحل والسيّارات الأخرى . وأكثر من أربع سنوات ليصل من أقرب النجوم . انّنا نرى الآن بعض المجرات كما كانت قبل ملايين السنين .

... ٣٠٠ كلم في الثانية ·

قام الفلكي جيمس برادلي (١٦٩٣ - ١٧٦٢) عام ١٧٢٨ بتحديدٍ فلكيٍ آخر لسرعة الضوء · لاحظ ان النجوم تُرى في اتّجاهات مختلفة قليلًا حسب وضع الأرض في مدارها · ثم اكتشف انَّ سبب هذه الظاهرة التي تُسمّى زيغاً نجميًا هو حركة الأرض . كما رأى انَّ الإختلافات في الإتجاه ناجمة عن الفرق بين هذه الحركة وسرعة الضوء · وهكذا توصّل الى الحصول على رقم لسرعة الضوء كان شبيهاً برقم رومر ·

ان سرعة الضوء المقرّرة الآن هي ٢٩٩٧٩٢,٥٨ كلم في الثانية · هذه هي السرعة في الفراغ . لأن الضوء يتباطأ عندما يدخل في وسط كالهواء او الماء او الزجاج · تغيّر السرعة يجعل الضوء ينعطف عندما يدخل في وسط مختلف . فيحدث الانكسار · دليل الانكسار في وسط هو نسبة سرعة الضوء في الفراغ الى

(٥) ـ استعمل ميكلسون ومورلي في الإختبار الذي قاما به للمرّة الاولى عام ١٨٨١ مقياس تداخل يحدث سلسلة من اهداب التداخل ناجمة عن حزمتين ضوئيّتين متعامدتين · كان من المتوقع ان تجعل حركة الأرض الضوء يسير في مسار (أ ب ث) بسرعة تفوق سرعته في المسار الآخر (أ ت ث) . بحيث يصبح من الممكن رؤية اي تغيّر في السلسلة يحدث عند ادارة مقياس التداخل · لكنَّ الإختبار لم يكشف عن أي تغيّر ·

(٦) ـ لا تؤثّر حركة المراقب في سرعة الضوء . لكنّها تغيّر تواتره او لونه المعروف . وهذا ما يدعى بظاهرة دوبلر · من ناحية ثانية . نجد النجوم وحدها تتحرك بسرعة كافية لإظهار هذه الظاهرة · اذا كان النجم والمراقب يتحرّكان بإتّجاهين متعاكسين (أ) يتضاءل التواتر لأن الموجات الفرديّة يقلّ تلاقيها ويكون الضوء أكثر احمراراً ممّا لو كان النجم ثابتاً (ب) · هذا الإنتقال يظهر كانتقال في خطوط طيف النجم الحمراء (من ٢ الى ١) · اما اذا كان النجم والمراقب يقترب أحدهما من الآخر (ت) . فالتواتر يزداد ويبدو الضوء أكثر زرقة (٣) ·

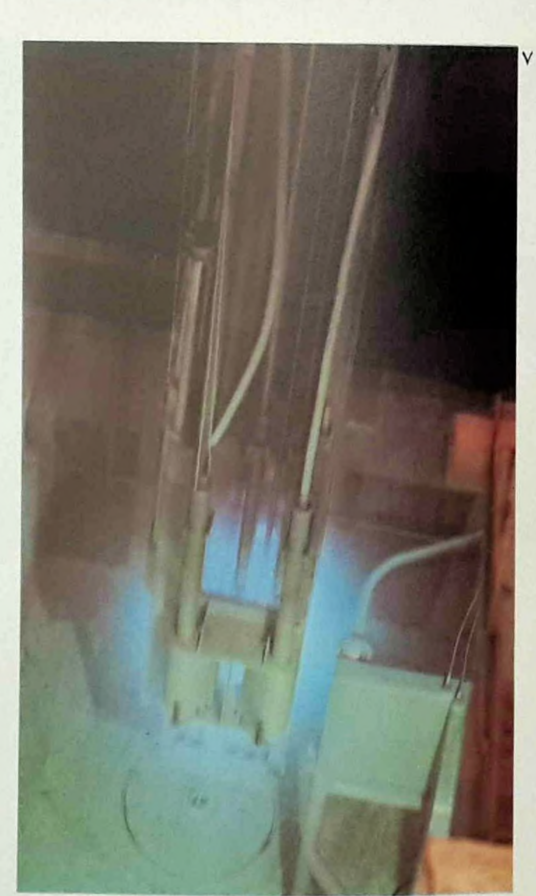
(٧) ـ يعرف التوهج الأزرق المنبعث من الماء المحيطة بهذا المفاعل النووي بإشعاع شرنكوف · انّه يحدث لأن الجسيمات النوويّة المنبعثة من المفاعل تسير بسرعة تفوق سرعة الضوء في الماء (وهي تنخفض بمقدار الربع تقريبا) · تحدث الجسيمات موجة صدمية في الماء تماماً كما تسبب طائرة تفوق سرعتها سرعة الصوت موجة صدمية في الهواء ·

سرعته في ذلك الوسط .

سرّ الأثير

بعد ان تحقّق العلماء من انّ للضوء سرعة محدّدة ، راحوا يتساءلون كيف تستطيع الموجات الضوئيّة الإنتقال عبر الفضاء . فالحركات الموجيّة الأخرى تحتاج الى وسط تنتقل فيه - فالصوت مثلاً ينتقل في الهواء - فلا بدّ اذن من ان يكون للضوء ايضاً وسط

٧



خاصّ به .

لمّا لم يكن للضوء وسط ظاهر للعيان ينتقل فيه ويمكن التثبّت من وجوده ، اختُرِعَ له وسط سُمّيَ بالأثير ، وافتُرِضَ انّه منتشر في الكون بأسره . لكنّ هذا الأثير أثار مشكلات شائكة . فحركات الموجات المعروفة الأخرى تنتقل بسرعة تزداد مع ازدياد كثافة المواد ومرونتها . بناء على ذلك تحتاج مبدئياً الموجة التي لها سرعة الضوء الى وسط يجب ان يكون اكثر كثافة من الفولاذ . ومع ذلك تتابع السيارات سيرها عبر الفضاء دون ان يحول الأثير دونه . وكانت هناك تناقضات اخرى عديدة . لذلك أجريت اختبارات للكشف عن حركة الأرض عبر الأثير . كان من أهمّها ما قام به في الثمانينات من القرن التاسع عشر العالِمان الفيزيائيّان البرت ميكلسون (١٨٥٢ - ١٩٣١) وادوارد مورلي (١٨٣٨ - ١٩٢٣) .

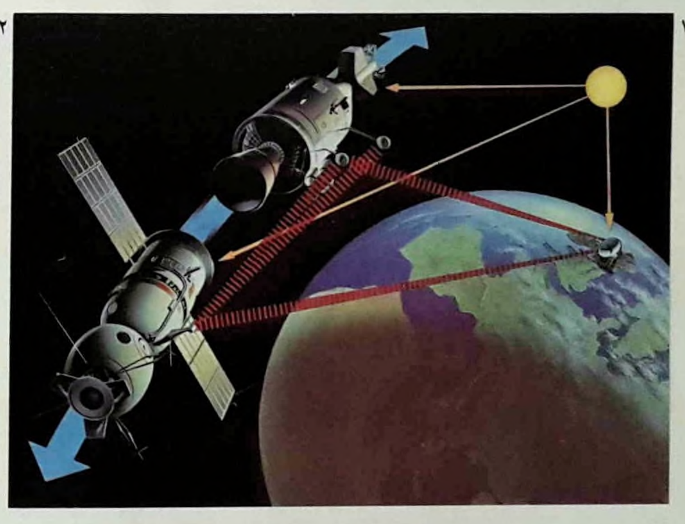
اساس النسبيّة

ادّت اختبارات ميكلسون و مورلي الى هذه النتائج : انّ الأثير لا وجود له ؛ وان الضوء لا يحتاج في انتشاره الى وسط ؛ او انّ الأثير لا يمكن كشفه ؛ لذلك ، بدون أثير ثابت ، لا يوجد في الكون أساس ، ما عدا الضوء ، يمكن ان تقاس ازاءه الحركة المطلقة لأي شيء . وقد بيّن اختبار ميكلسون و مورلي ايضاً انّ سرعة الضوء واحدة في اتجاه حركة الأرض وبزوايا معامدة لها ، اية كانت حركة المراقب . كان لهذه النتائج متضمّنات عميقة ، لكن تحقيقها اقتضى عبقريّاً هو البرت اينشتين (١٨٧٩ - ١٩٥٥) ليجعل منها اساساً لنظريّة النسبيّة .

فكرة النسبية

القصد من نظرية النسبيّة ازالة فكرة القيم المطلقة للزمان والمكان من الفيزياء · فالعلماء كانوا يعتقدون بأن هذه القيم ثابتة ومستقلة كل الاستقلال عن الشخص الذي يقيسها وعن الأدوات المستعملة . بينما كان اسحق نيوتن . (١٦٤٢ - ١٧٢٧) يعتبر الزمان والمكان بمثابة ستارة خلفية تمكّنه من صياغة « قوانين » عامة حول كميّات كالتسارع والقوة · لكن عبقرية البرت اينشتين (١٨٧٩ - ١٩٥٥) اخذت على عاتقها ان تبيّن . بواسطة نظريتيَ النسبيّة الخاصة والعامة . ان هذه المطلقات لا وجود لها وان قوانين نيوتن ليست صحيحة في جميع الأحوال ·

١



٢

(١) – تؤكد نظرية النسبيّة الخاصة ان كل حركة نسبيّة وان سرعة الضوء تظل دائما ثابتة · عندما تلتقي سفينتان فضائيتان ثم تتجاوزان الواحدة الأخرى على مدار . فاذا كانت سرعة كل منهما ٨ كلم في الثانية حسبما يقيسها الرادار من محطة تتبّع على الأرض . يكتشف ملّاحاها ان كل واحدة منهما تسير بسرعة ١٦ كلم في الثانية بالنسبة الى الأخرى · واذا قامت السفينتان ومحطة التتبّع عندئذ بقياس سرعة الضوء المنطلق من الشمس لحصلت جميعها على نتيجة واحدة ·

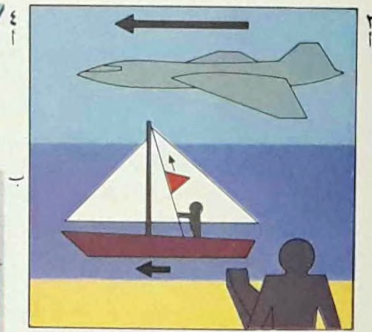
(٢) – يعلن مبدأ التكافؤ . الذي بنى عليه اينشتين نظريته في النسبيّة العامة . ان الجاذبية لا يمكن تمييزها عن التسارع · فرائد الفضاء يُشدّ الى قاع سفينته الثابتة بتأثير الجاذبية (في الأسفل) . تماما كما يُدفع القاع نحوه عندما تزداد سرعة السفينة (فوق) · فالحدثان ظاهرة واحدة · واذا رمى الرائد شيئا ما . فانه « يسقط » في كلتا الحالتين ·

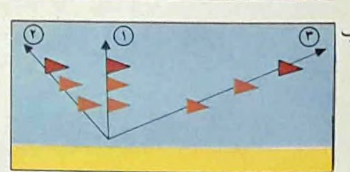
(٣) – تقوم النسبيّة على فكرة بسيطة هي ان كل حركة نسبيّة · يرفع ملّاح على متن يخت علما الى اعلى الصاري (أ) · بالنسبة اليه . يبدو العلم يرتفع عموديا (١) ، لكنه بالنسبة الى رجل على الشاطىء يبدو وكأنه يتحرك الى الأمام والى فوق (٢) . لأنه يراه مارّا امامه حين يرتفع ؛ اما المسافر في طائرة مارّة فوقه . فيراه يغيب بسرعة وراءه فيما هو يرتفع (٣) · فكل مراقب اذن يسجّل الحركة بشكل مختلف (ب) ·

نظرية النسبيّة الخاصة

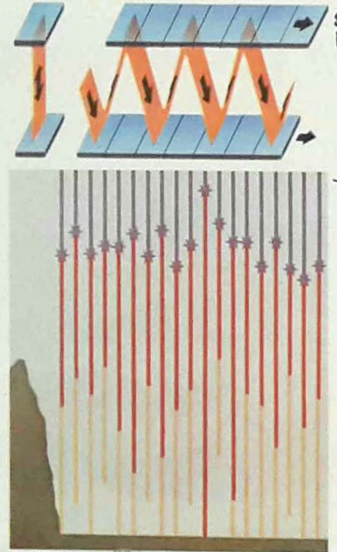
ارتكزت نظرية اينشتين في النسبيّة الخاصة (١٩٠٥) على ان كل حركة مطّردة هي نسبيّة · ذلك يعني ان الشيء لا يمكن ان يرى متحرّكا الاّ بالنسبة الى مناط اسناد ثابت وغير متحرّك · اثبت الاختبار الكلاسيكي الذي اجراه البرت ميكلسون (١٨٥٢ - ١٩٣١) وادوارد مورلي (١٨٣٨ - ١٩٢٣) ان سرعة الضوء تظل واحدة في فراغ معيّن بقطع النظر عن طول موجته وسرعة مصدره او عن أي مراقب له (١ و ٣) · من ذلك جاء اينشتين بمجموعة مدهشة من النتائج . منها ان ابعاداً كالكتلة والطول والفاصل الزمني لشيء ما لا بد من ان يطرأ عليها تغيّر عندما يبدأ هذا الشيء يتحرّك بالنسبة الى مراقب ·

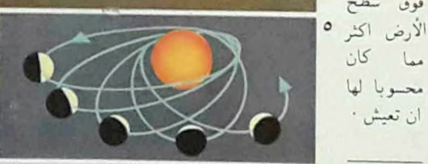
تبيّن الساعة الضوئية (٤ ـ أ) لماذا يتغير الوقت مع الحركة والى اي مدى · عادة لا



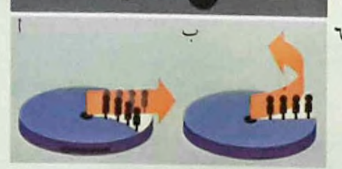


(٤) ـ الساعة الضوئية (أ) . التي يتحرك فيها الضوء ذهابا وايابا بين مرآتين ، توضح نظريا كيف تجعل الحركة الوقت يتباطأ · تم البرهان العملي على تباطؤ الوقت عندما عثر على جسيمات آتية من الفضاء . كانت قد روقبت اوّلا على ارتفاعات كبيرة . فوجدت على الأرض بأعداد تفوق ما كان متوقعا (ب) · فهي . بسبب سرعتها . عاشت فوق سطح الأرض اكثر مما كان محسوبا لها ان تعيش ·





(٥) ـ حيّر مدار عطارد العلماء (لأن حضيضه الشمسي ـ اقرب نقطة في مداره الى الشمس ـ كان ينحرف باستمرار عن مسيره اكثر مما كان يمكن تفسيره بتأثير السيارات الأخرى) حتى توصّلت النظرية النسبيّة العامة لاينشتين الى تفسير هذه الحركة . معلّلة اياها بأن الجاذبية تعوّج الفضاء . فلا تعود السيارات تتبع فيه المسارات البسيطة التي تصورها نيوتن ·



(٦) ـ اذا عبر شعاع من النور دولابا يدور ، وهو حامل صفّا من الأشخاص . فأنه يبدو مستقيما لمراقب من الخارج لا يدور (أ) · اثناء مرور الشعاع قرب الأشخاص يبدون كأنهم يبتعدون عنه بسبب حركة الدولاب الذي يبدو لهم ملتويا (ب) · يبيّن هذا المثل ان الضوء يلتوي في نظام متسارع وانه . وفقا لمبادىء التكافؤ . يلتوي ايضا في مجال جاذبي ·

تلاحظ تأثيرات النسبيّة الخاصة في شيء ما الى ان تصبح سرعته قريبة من سرعة الضوء (٣٠٠٠٠٠ كلم في الثانية) (٧) . مع ان ساعات ذرية قوية الحساسية قد استعملت لكشف الساعات التي تسير ببطء في سفن فضائية طائرة . تصبح تأثيرات النسبيّة الخاصة قوية في الجسيمات الذرية التي تتحرك بسرعة تقرب من سرعة الضوء . لذلك نرى جسيمات تحت ذرية سريعة جدا وغير ثابتة . موجودة في الأشعة الكونية . تعيش في جو الأرض . بسبب سرعتها الفائقة . اكثر مما كان منتظرا لها ان تعيش (٤ - ب) .

ان معادلة اينشتين الشهيرة « **ط = ك س**^{2}» (**ط** تمثّل الطاقة . **ك** كتلة الجسم المتحرك . **س** سرعة الضوء) هي التي تبيّن كيف ان جسيما ما . في النسبيّة الخاصة . تزداد كتلته دائما بمقدار ما تزداد طاقته .

٧

٨

٩

(٧) - تنصّ نظرية أينشتين الأولى على ان قياس الكتلة والطول والوقت يخضع كليّا الى الحركة النسبيّة لآلة القياس وللجسم المقاس . فبالمقارنة مع القياسات التي تؤخذ في حالة السكون . تزداد الكتلة وينقص الطول ويتباطأ الوقت عند التحرك . لكن لا تظهر هذه النتائج الا في السرعات الفائقة . فاذا بلغت السرعة **٩٠** ٪ من سرعة الضوء . تبلغ الكتلة اكثر من ضعفيها وينقص الطول ما يقرب من النصف وتستغرق ساعة ضبط الوقت **٦٠** دقيقة لتسجيل **٢٦** دقيقة من الوقت . اما اذا بلغت السرعة سرعة الضوء . فتصبح الكتلة لا متناهية والطول صفرا ويتباطأ الوقت حتى السكون . وهذا وضع مستحيل . مما يعني ان لا شيء يستطيع تخطّي سرعة الضوء .

(٨) - تتراكم السرعات الخفيفة وفقا لقوانين حسابية بسيطة . فاذا اطلقت دبّابة تسير بسرعة **د** . قذيفة تخرج من المدفع بسرعة **د** ايضا . تكون سرعة القذيفة **د + د** (أ) . اما جمع السرعات القريبة من سرعة الضوء (**ض**) فهو امر مختلف . فاذا كان جسم فرضي يتحرك بالنسبة الى الأرض بسرعة **٠٫٥ س** . وله مدفع جبّار يطلق قذيفة بسرعة **٠٫٥ س** ايضا . فالقذيفة ستبدو من الأرض تتحرك فقط بسرعة **٠٫٨س** (**ب**) .

---

(٩) - كشف عن أن الجاذبية تلوي الضوء بتصوير نجمين في الحالة الطبيعية (أ) وفي حال كسوف الشمس (ب) . فعندما تمر الأشعة الضوئية المنبعثة من النجمين بالشمس يلويها مجال جاذبيتها . فيبدو النجمان من جراء ذلك بعيدين احدهما عن الآخر (**ث**) اكثر من المألوف (**ت**) .

نظرية النسبية العامة

لأخذ التسارع (٢) وقوة الجاذبية بعين الاعتبار ، ادخل اينشتين في صلب نظرية النسبيّة العامة (١٩١٥) الحقيقة المعروفة القائلة بأن جميع الأجسام تسقط على سطح الأرض بسرعة واحدة · بتعبير آخر ، جعل من فعّالية المجال الجاذبي خاصة ذاتية من خصائص الفضاء الموجود حول الأرض · وصف اينشتين هذه الخاصة بالنسبة الى تقوّس الفضاء ، قائلا انه كلما ازداد الإلتواء ازدادت قوة الجذب · واذا تضمّن المكان الزمان في هذا الإلتواء يصبح من الممكن فهم الفكرة بأن كل حركة هي نسبيّة · كذلك يمكن قياس مقدار الإلتواء المكاني الزماني الذي تسببه الأجسام المصمتة · ان عبقرية اينشتين هي التي بيّنت كيف يتوقف مقدار هذا الإلتواء على الأجسام المصمتة القريبة ·

ان المراقبات الاختبارية ، كمراقبة بعض الانحرافات الصغيرة في حركات السيارات غير التي تكهّن بها نيوتن (٥) ، تجعل من نظرية النسبيّة العامة اكثر النظريات المثيلة مدعاة للرضى · يأتي اثبات اضافي لهذه النظرية من التواء مسار الشعاع الضوئي عند اقترابه من جسم مصمت · للضوء طاقة - وبالتالي كتلة - لذلك يسير في مسار منحنٍ في الفضاء الملتوي حول الجسم (٦) · وقد تم التثبّت من ان الشمس تحدث مثل هذا الإلتواء في الضوء اثناء احد الكسوفات (٩) ·

فجوات في السماء

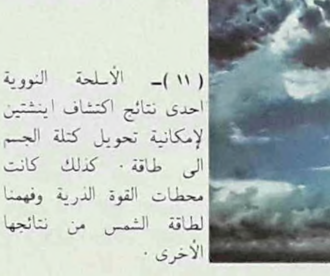
تستلزم جميع هذه الظاهرات مجالات جاذبية ضعيفة ، ولا تستطيع ان تجعل نظرية النسبيّة العامة تخرج ناجحة من امتحانات اكثر الروائز دقة · فعندما تستنفد بعض النجوم وقودها النووي ، تتحول الى اجرام فائقة الكثافة وذات مجالات جاذبية قوية ، وهكذا تكون حقلا ممتازا لاختبار النسبيّة العامة · من المسلّم به ايضا ان النجوم الثقيلة جدا تنهار على ذاتها انهيارا تاما بحيث تفوق سرعة الافلات منها سرعة الضوء · نتيجة لذلك لا يستطيع شيء الافلات منها - حتى ولا الضوء ذاته - لذلك سميت « الفجوات السوداء » ·

١٠

الزمان
الشمس
الفضاء
الضوء
سيّار
مذنّب
سيّار

(١٠) - البعد الزماني ضروري لوصف موضع أي جسم بقدر ما هي ضرورية ابعاد المكان الثلاثة · لقد تحقق اينشتين من ان الضوء ، اذا كان يسير دائما بسرعة واحدة ، فلا بد عندئذ من ان يكون الزمان والمكان متكافئين · يبيّن هذا الرسم البياني الشمس وسيّارين ومذنّبا تتحرك في الزمان وفي المكان معا · تثبت سرعة المذنّب المتقلّبة ومساره المتغيّر الى حد بعيد تأثيرات مجالات الجاذبية المختلفة ، كما تكهّن بها أينشتين على حق في نظريته للنسبيّة العامة ·

١١



(١١) - الأسلحة النووية احدى نتائج اكتشاف اينشتين لإمكانية تحويل كتلة الجسم الى طاقة · كذلك كانت محطات القوة الذرية وفهمنا لطاقة الشمس من نتائجها الأخرى ·

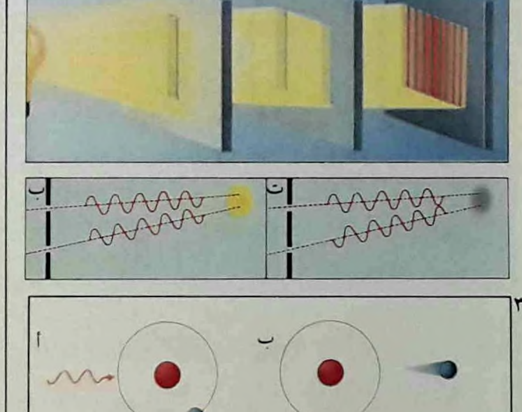


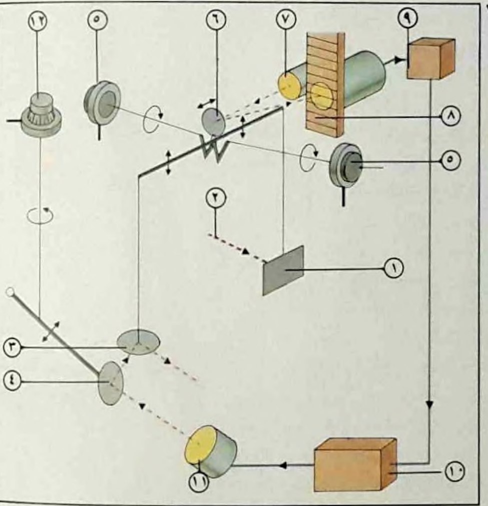
طاقة الضوء

الضوء طاقة . والطاقة . في أنظمة الكتلة الثابتة . لا يمكن ان تخلق . بل تتحول فقط من شيء الى آخر . فالضوء اذن لا يمكن احداثه الا بتحويل أحد انواع الطاقة الأخرى . فالطاقة الكهربائية تتحول الى ضوء في مصباح كهربائي أو في أنبوب تفريغ . والحرارة تتحول الى ضوء في نار او في مسعر متوهج الحرارة . والطاقة الكيمائية تتحول الى ضوء في الحيوانات المضيئة كأسرجة الليل . لكن التحويل قد يتجه أيضاً اتجاهاً معاكساً : فالضوء يحدث طاقة كهربائية في خليَّة كهرضوئية .

الإشعاع ونظرية الكم

حيَّر تحول الطاقة الخاص بالضوء عقول





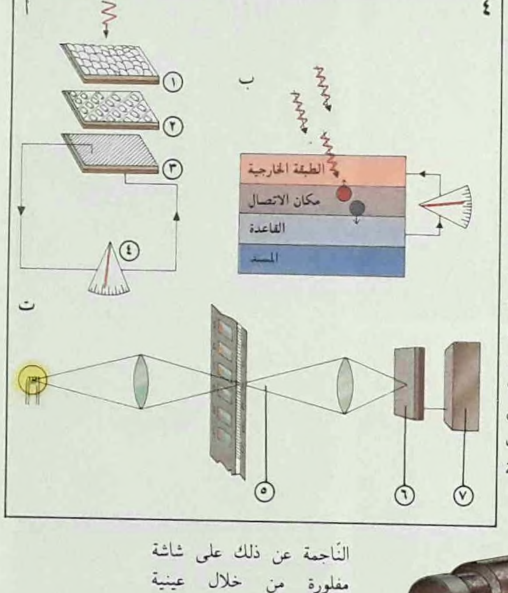
(١) ـ تظهر بوضوح طبيعة الضوء التموجية من طريقة عبوره من خلال الفتحات الصغيرة . فلو كان الضوء يتألف من جسيمات . لكان يحدث بقعة صغيرة جداً فقط بعبوره من خلال ثقب صغير . لكنه في الواقع يعطي . بسبب الحيود . صورة كبيرة (أ) ؛ كذلك لكان على الجسيمات المارة من خلال شقين طويلين أن تعطي رقعة واسعة من الضوء (ب) ، لكننا في الواقع لا نرى سوى أهداب التداخل (ت) ، ومعروف أن الحيود والتداخل هما من خاصّيات الموجات .

(٢) ـ يحدث الضوء ضغطاً على أي شيء يصادفه (كما في الرسم) . فدوّارة (١) يقع عليها الضوء (٢) تتحرك تحت هذا الضغط . وتوازن الحركة مرآة أفقية (٣) ، يصوّب الضوء اليها بواسطة مرآة عمودية (٤) . يجعل رأسا الالتواء (٥) أولاً ذراع الميزان أفقياً . وتعكس المرآة (٦) الضوء من مصباح (٧) على سلَّم مدرّج (٨) . هناك ساعة للتوقيت تكشف حركة الضوء (٩) عبر السلّم . وتضبط مصدر طاقة (١٠) لتغيير قوة المصباح (١١) الذي يضيء المرآة (٤) ، وهكذا تبقى الذراع في حالة توازن . يكشف رأس الالتواء (١٢) عن انحراف المرآة .

(٣) ـ فسّر اينشتين عام ١٩٠٥ الأثر الكهرضوئي كامتصاص الذرة لكمّ من الطاقة (أ) وما ينجم عن ذلك من إنطلاق الكترون (ب) باستطاعته أن يكوّن تياراً كهربائياً .

العلماء في أواخر القرن التاسع عشر. فالشيء الكالح السواد يمتص كل الضوء الذي يقع عليه، كما يمتص جميع الإشعاعات غير المرئية كالأشعة فوق البنفسجية والإشعاعات تحت الحمراء. غير أنه، عندما يحمى، يطلق إشعاعات، لكن لألوان او توترات معيَّنة فقط.

في عام ١٩٠٠ تقدم الفيزيائي الألماني ماكس بلانك (١٨٥٨ - ١٩٤٧) بنظرية بدت مقنعة، مع انها كانت ثورية. فقد ارتأى ان كل طاقة، بما فيها الضوء، لا تحتوي الا على وحدات كاملة من الطاقة. فقد تحتوي على وحدة فقط او على مليون وحدة، ولكن ليس على ٠،٨ أو ٢،٥ أو ٣٥٤،٦٧ وحدة مثلاً. وسمَّى كل وحدة «كمًا» من الطاقة، وقال ان كمية الطاقة في كمّ ما ضئيلة، وليس بوسعنا ان نكتشف الكمّ الفردي في الأشعة الضوئية عندما تصل الى أعيننا. يسمَّى كمّ



(٤) - يحتوي مقياس الضوء (أ) على زجاجة مُنَخْرَبة (١) وشبكة متسامتة يعبر الضوء من خلالهما الى عنصر معدني حساس للضوء (٣). هناك يستحث الضوء الالكترونات فتسري في الدائرة الى المقياس (٤). الآلة المسمَّاة الخلية الشمسية تطبيق آخر للكهرضوئية (ب)؛ وهي تتألف من طبقات لمادة شبه موصّلة هي عادة السيليكون. يخترق الضوء الطبقة الخارجية ويطلق الكترونات في نقطة الاتصال؛ تنطلق هذه الالكترونات وتتّجه نحو القاعدة محدثة تياراً. يرسل مدرج الصوت (ت) البصري في فيلم سينمائي إشارة ضوئية متغيرة (٥) الى خلية كهرضوئية (٦). فتحدث إشارة كهربائية تتوجه الى مكبر للصوت ومذياع (٧).

(٥) - يعطي مكثف شدة الصورة صورة زاهية لمشهد معتم. ينصبّ الضوء من المشهدْ على لاحب ضوئي يبث الكترونات تمر إلى مضاعفات للالكترونات المنطلقة من كل الكترون يدخل الأنابيب. تصوَّب حزمة الالكترونات المكثفة النّاجمة عن ذلك على شاشة مفلورة من خلال عينية (عدسة المجهر).

٥

١
٢
٣
٤
٥
٦
٧
٨
٩



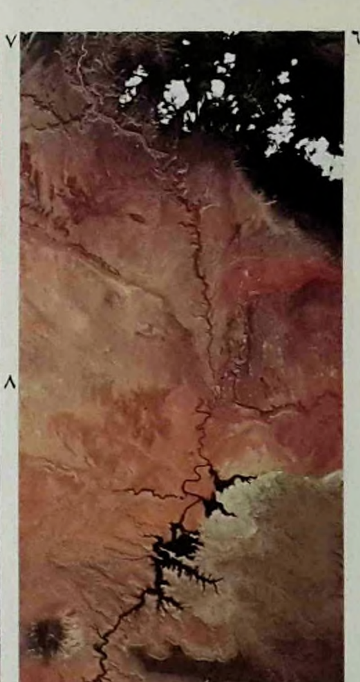
١ - نظام عدسات ليليَّة
٢ - حاشدة زئبقية قوتها ٦،٧٥ فلط
٣ - لاحب ضوئي
٤ - صفيحة دائرة تقل قوتها ١٥ فلط
٥ - صفيحة دائرة تقل قوتها ٣٠ كيلو فلط
٦ - صفيحة دائرة تقل قوتها ٤٥ كيلو فلط
٧ - شاشة مفلورة
٨ - جهاز عدسات بصرية
٩ - عينية

الطاقة الضوئية فوتوناً .

تفسّر نظرية الكمّ لماذا يتوهَّج المسعر بالطريقة التي يتوهَّج بها . فكلما إزدادت حرارته ، تزداد طاقة الضوء الناجم عنها ، فيظهر هذا التغيّر بتغيّر في اللون . فللفوتون « الأزرق » طاقة تفوق طاقة الفوتون « الأحمر » . كذلك أكّد بلانك ان محتوى كل فوتون من الطاقة مرتبط بتواتره .

الجسيمات والموجات

يمكن اعتبار فكرة وجود الضوء في وحدات لا تتجزأ رجوعاً الى نظرية الضوء الجسيمية ؛ فهناك كمّ من الضوء في صلب الجسيمات الأساسية التي تكوّن المادة . فإذا كان قوام الضوء سيلاً من الجسيمات ، فبوسعه إذن أن يعبر المجالات الفارغة بدون حاجة الى وساطة « الأثير » الذي كان العلماء قد بحثوا عنه عبثاً . لكن ظاهرات معيَّنة ،









(٦) – منظر لنهر كولورادو وبحيرة بويل مأخوذ من قمر اصطناعي بواسطة الأشعة تحت الحمراء . تظهر فيه النباتات بألوان حمراء مختلفة الظلال . كما تظهر الماء سوداء . يمكن كشف النباتات المريضة بواسطة اللون .

(٧) – تحتوي لافتات الاعلانات على أنابيب غاز النيّون أو تطلى بمواد فوسفورية لتعطي ألواناً مختلفة .

(٨) – يستخدم تدقيق الرسائل الاوتوماتيكي الضوء فوق البنفسجي . تتوهج الرموز الاصطلاحية الفوسفورية غير المرئية المطبوعة على الطابع عندما تمر الرسالة بآلة فاحصة أشعّتها فوق بنفسجية . فتصنف الرسائل في فئة أولى أو ثانية .

(٩) – يقيس مقياس التعريض الفوتوغرافي الضوء الآتي من مشهد . يقع الضوء على خليّة كهرضوئية ، فتحدث تياراً كهربائياً تتغير قوته وفاقاً لشدّة الضوء . التيار ضعيف ، لكنه كاف لتحريك ابرة قياس الضوء من خلال قرص مدرّج . كثير من آلات التصوير الارتكاسية الوحيدة العدسة تحتوي في داخلها على مقاييس تعريض لقياس الضوء الداخل في عدسة آلة التصوير .

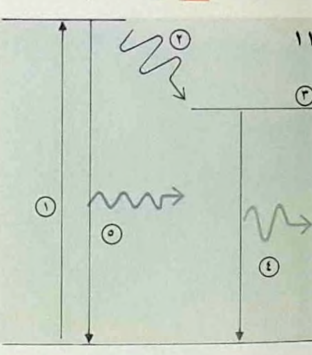
كالحيود والتداخل . لا يمكن تفسيرها الا إذا كان الضوء يتصرف تصرف الموجات · حلَّ العلماء هذه المشكلة بإفتراضهم ان الضوء قد يتصرف كمجموعة جسيمات او موجات حسب الظروف والأوضاع ·

أخيراً حلّت نظرية الكمّ - لا سيما في تطبيقها على الضوء - المشكلة التي كانت قد قسمت التفكير العلمي لقرون عِدَّة · كان أسحق نيوتن(١٦٤٢ - ١٧٢٧)قد تزعَّم نظرية الجسيمات . بينما كان كريستيان هويغنز (١٦٢٩ - ١٦٩٥) يصرّ على أن الضوء يسير كموجات · مع اقتراح ماكس بلانك زالت المعضلة ، إذ اصبح من الممكن إعتبار الضوء كجسيمات « أو » كموجات حسب الظاهرة موضوع البحث ·

تبثّ بعض المعادن إلكترونات عندما يقع عليها الضوء . وهي ظاهرة تعرف بالأثر الكهرضوئي (٣) · لوحظ ان الضوء الأكثر سطوعاً يطلق عدداً من الإلكترونات أكثر مما يطلق الضوء الضعيف

يستفاد اليوم . في أوجه استعمال عدة . من تغيير الضوء او تحويل تواتر غير مرئي الى تواتر مرئي · فالمواد الفلورية تلتقط ضوءاً ذا تواترات عدة وتشعّها على الفور بعد جمعها في تواتر واحد جديد . جاعلة اللون الناجم عن ذلك زاهياً جداً . إذ ان ضوءاً إضافياً قد تحوَّل اليه (١١) ·

(١٠) - يحتوي أنبوب التفريغ على غاز ذي ضغط منخفض تمرّ الكهرباء من خلاله (أ) · تتحرك الالكترونات (وهي جسيمات سالبة) والايونات (جسيمات موجبة) بإتجاه اللاحبين (ب) · تصدم الايونات اللاحبين لتحدث المزيد من الالكترونات (ت) · يسطع الضوء عندما تصطدم الالكترونات بذرات الغاز (ث) ·



(١١)- يحدث التفلور عندما تتلقى ذرة طاقة ضوئية (١) ، فينقسم ابتعاث الطاقة الى طورين ، الأول . تغيّر طفيف في الطاقة يعطي أشعة تتراوح ما بين الاشعة تحت الحمراء (٢) وحالة من الطاقة المتوسطة (٣) ؛ والثاني . تغيّر واسع النطاق يعطي ضوءاً بتواتر ادنى من التواتر المأخوذ (٤) · يحصل إنتاج الضوء العادي بأحد التغيّرين (٥) · التفلور يشبهة في ذلك . لكن الطور الثاني يستغرق فيه مزيداً من الوقت ·

ظاهرات التفسفر

التفسفر شبيه بالتفلور . لكن الضوء يستمر فيه لبعض الوقت . بعد ان يكون الإشعاع الأول قد تلاشى · تحتوي شاشات التلفزيون على مواد فوسفورية تتوهَج لبعض الوقت بعد ان تصدمها حزم الإلكترونات داخل إنبوب الأشعة اللاهبة وتعطي صورة على الشاشة · كثير من الأدوات يستخدم الضوء الذي تحدثه اما المواد الفوسفورية لكشف الأشعة غير المرئية . كالأشعة السينية وأما الجسيمات السريعة الحركة . كالأشعة الكونية · بعض الدهانات المتفسفرة تستوعب الضوء وتدَخره لوقت طويل بعد تعرّضها له . ثم تتوهَج في الظلام ·

طاقة الليزر

استعمل الليزر في سلسلة مدهشة من أوجه الاستعمال خلال حياته القصيرة : من إحداث ثقوب في الماس الى إجراء عمليات دقيقة في العين . ومن قياس الفضاء بين القمر والارض الى كشف اصغر الحركات . ولا يبدو مستقبله أقل روعة ، بما يبشرنا به من تلفيزيون ذي ثلاثة أبعاد وقوة نووية زهيدة الثمن . من الواضح اذن أن الليزر ليس مصدرا عادياً للضوء .

ما هو الليزر

الليزر النبضي هو ، في الاساس ، جهاز لخزن الطاقة ثم لاطلاقها دفعة واحدة وأحداث حزمة كثيفة جداً من الضوء . قلب الليزر

(١) ـ يحصل ابتعاث الضوء الطبيعي عندما ينحدر الكترون موجود في مدار مرتفع الطاقة الى مدار منخفض (أ) . أما ابتعاث الضوء المستثار ، فيحدثه ضوء مبتعث من ذرة أخرى . في الليزرات تحمل أكثر الذرات الى حالات من الطاقة المرتفعة بضخ الطاقة فيها . عند ذاك يبدأ بعضها بأحداث الضوء بالأبتعاث الطبيعي ، فتعكس المرآتان في الطرفين الضوء ذهاباً واياباً محدثتين ابتعاثاً مستثاراً ، الى أن تصبح جميع الذرات في حالة الطاقة المنخفضة . يغادر الضوء الليزر من خلال إحدى المرآتين . الضوء العادي (ث) مزيج من تواترات مختلفة تسير باتجاهات شتى . بينما لا يكون لضوء الليزر (ج) سوى تواتر واحد أو هو يسير في اتجاه واحد وجميع موجاته متوافقة الطور . أول ليزر كان يحتوي على بلورة من الياقوت الاصطناعي يحيط بها أنبوب ومضي لضخ الطاقة الضوئية فيه . ومن مرآتين عاكستين .

(٢) ـ ليزر غازي الهليوم والنيون يحتوي على غازين ، ويعمل باستمرار . تثار ذرات الهيليوم أولاً فتنقل طاقتها الى ذرات النيون التي تحدث عندئذ ضوء الليزر . يتألف الليزر من أنبوب زجاجي يحتوي على الغازين ومن قطبين كهربائيين موجودين (٢ و ٣) في مستودع قوة (١) لحث الغازين . يخرج الضوء من خلال المرآة نصف الشفافة .

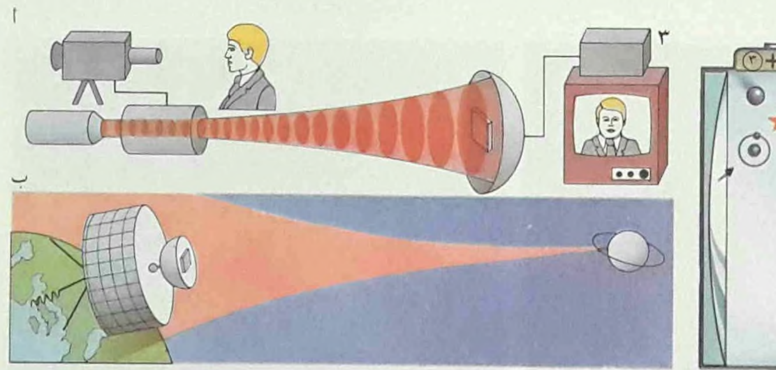
(٣) ـ قد يكون الاتصال بواسطة الليزر مثلاً أعلى للبعثات بين الكواكب . لأن الحزمة الضيقة القوية من الضوء (ب) تستطيع بلوغ أي هدف بعيد مهما كان صغيراً . ينقل الليزر الصورة

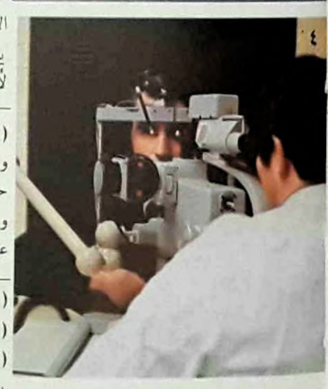
بلورة أو أنبوب غاز أو سائل تضخ فيه الطاقة (١) . يتم ذلك عادة باحاطته بجهاز ينتج وميضاً قوياً من الضوء أو حزمة كثيفة من الموجات الاشعاعية أو الالكترونات .

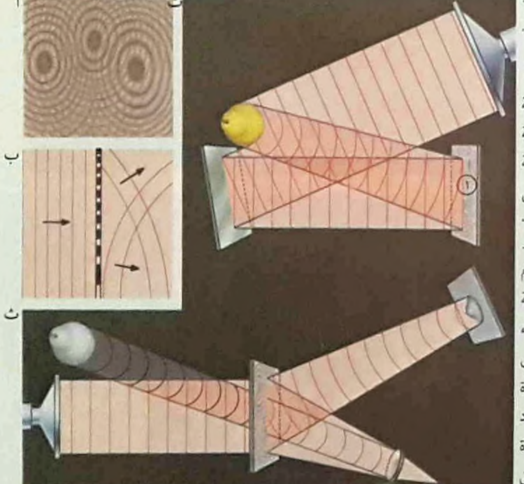
أول ليزر نبضي أخترعه ثيودور هـ . ميمان عام ١٩٦٠ وكان يحتوي على بلورة من ياقوت . ويحدث وميضاً قصيراً من الضوء الاحمر . أما اليوم . فالليزرات ذات الموجة المتواصلة تحدث حزماً متواصلة من الاضواء ذات الوان عدة . ومنها ما يطلق أشعة تحت الحمراء أو فوق البنفسجية .

نشاطات الفوتونات

يحث الذرات لاطلاق فوتوناتها وصول فوتونات أخرى . فينتج عن ذلك اشعاع ضوئي . للضوء المضخوخ في الليزر تواترات متنوعة . لكن الضوء المنطلق منه هو أشد بكثير وله تواتر واحد .







المتلفزة أو أي إشارة أخرى بتعديل الموجات عند الطرف المرسل . مجمّعاً الحزمة على مكشاف عند الطرف المستقبل . ثم بازالة تعديل الاشارة الحاصلة (أ) . لا يصلح الضوء العادي للاتصال . لأن له تواترات عدة تتداخل

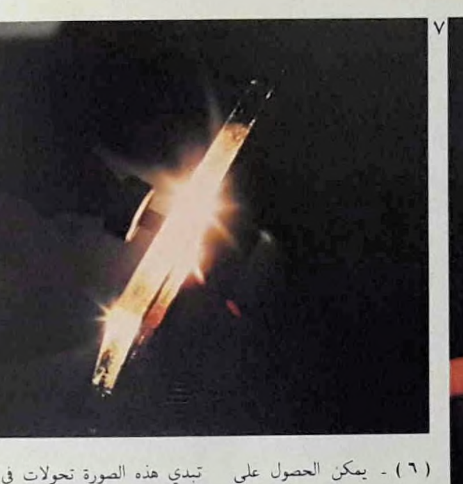
(٤) ـ تلحم الشبكية المشقوقة وهي في مكانها بواسطة حزمة ليزر . ويتم ذلك بسرعة وبدون ألم . وهكذا يشفى على الفور عمى جزئي .

(٥) ـ يصنع الهولوغرام (أ) بوضع صفيحة فوتوغرافية (١) بالقرب من جسم مضاء بضوء الليزر . وبجعل بعض هذا الضوء ينعكس من مرآة على الصفيحة (ت) . يعاد تكوين الصورة (ث) بأضاءة الهولوغرام بحزمة ليزر من الوراء .

كل فوتون يسبب انفلات فوتون آخر. وهكذا تسير جميع الفوتونات، معا محدثة موجات ضوئية متزامنة تماماً. يقال في هذه الحالة الضوء متوافق الطور أو منسجم (في الضوء العادي جميع الموجات متفاوتة الطور). بما أن جميع الموجات متزامنة. فبعضها يقوي البعض الآخر. وهكذا يكون ضوء الليزر قوي التألق. أن الليزر مبني بحيث أنه لا يطلق الا حزمة ضيقة جداً من الضوء تكاد لا تنتشر قط. فحتى في مسافة كمسافة القمر لا يتعدى عرض حزمة الليزر الموجهة من الارض ٣ كيلومترات (٣). فالحزمة الضيقة من الضوء الحاد المنسجم تحتوي على كمية هائلة من الطاقة المركَزة. فاذا صوبت حزمة ليزر الى نقطة واحدة من الفضاء بواسطة عدسة، فأنها تسخَن الهواء الى حالة التوهج، فيشع نوراً ويغلي حرارة. كما بأمكانها أن تثقب صفيحة فولاذية.

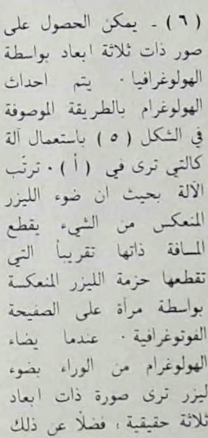
٦ أ

٧



ب ت





(٦) - يمكن الحصول على صور ذات ثلاثة ابعاد بواسطة الهولوغرافيا. يتم احداث الهولوغرام بالطريقة الموصوفة في الشكل (٥) باستعمال آلة كالتي ترى في (أ). ترتَب الآلة بحيث ان ضوء الليزر المنعكس من الشيء يقطع المسافة ذاتها تقريباً التي تقطعها حزمة الليزر المنعكسة بواسطة مرآة على الصفيحة الفوتوغرافية. عندما يضاء الهولوغرام من الوراء بضوء ليزر ترى صورة ذات ابعاد ثلاثة حقيقية، فضلاً عن ذلك تبدي هذه الصورة تحولات في المنظر كما يحدث في الطبيعة، فعندما يحرك الرأس يظهر منظر جديد للشيء. هذا واضح في المنظرين لبيادق الشطرنج (ب و ت). للصورة عمق. لأن الهولوغرام يعيد تماماً تكوين الاشعة الضوئية الآتية من الشيء والواقعة على الصفيحة. يمكن احداث لون الشيء ايضاً باستعمال ليزرات عدة مختلفة الألوان. ومن الممكن ان تعطينا الهولوغرافيا يوماً صورة سينمائية او تلفزيونية واقعية.

أوجه استعمال أخرى لليزر

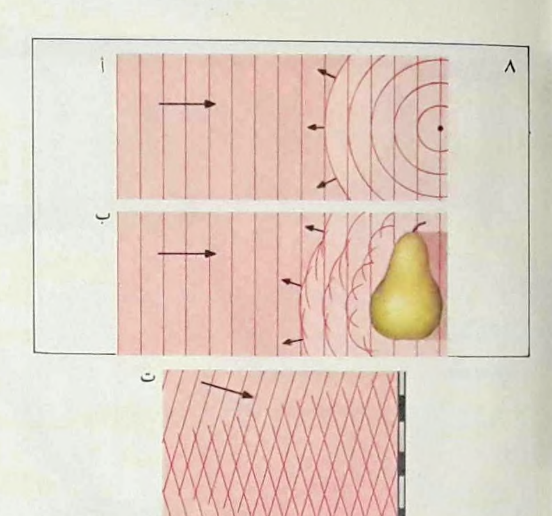
يمكن استعمال حزم الليزر ايضاً لقياس المسافات والسرعات الكبيرة . فقد اطلقت حزمة ليزر نحو القمر لتعكسها الى الارض مرآة خاصة وضعها هناك ملاّحو أبولو . فتمكّنا بذلك من قياس دقيق جداً لبعد القمر . في علم الارصاد الجوية تستعمل حزم الليزر لكشف طبقات الهواء غير المرئية والحركات والغيوم . وهي مفيدة أيضاً في دراسات تلوث الهواء .

فضلاً عن ذلك . أن حرارة الليزرات المرتفعة تؤمّن لها أوجه استعمال عدة في الطب والصناعة . فاذا وجهت حزمة ليزر الى داخل العين بقوة غير كافية لإيذاء العدسة . تجمعها العدسة على الشبكية فتلحم بدون ألم قطعة منفصلة عنها وتصحح النظر الضعيف (٤) . باستطاعة حزم الليزر أيضاً أن تذيب ناميات جلدية دون اجراء عمليات جراحية . وذلك بأطلاق الحزم على طول أنابيب ليفية بصرية تولج داخل الجسم بدون ألم . في الصناعة تفصّل بالليزر نماذج الآلات . وتثقب قطع من ألماس لتصبح قوالب لصنع الاسلاك الرفيعة . وتقص وتلحم القطع لصنع الدوائر الالكترونية الدقيقة (٧) .

حتى الاتصال بواسطة حزم الليزر بدلاً من موجات الراديو أصبح من المرغوب فيه اليوم . لأن حزم الضوء تستطيع أن تحمل عدداً من أقنية الاتصال يفوق كثيراً ما تستطيع موجات الراديو حمله . يمكن أيضاً نقل المعلومات والاصوات والصور بواسطة حزمة ليزر تسير في مسار مغلق من نوع خاص لتحاشي فقدان شيء من قوتها عند مرورها خلال الضباب والسديم في الهواء .

من أغرب نتائج أحداث الضوء المنسجم في الليزرات نشوء الهولوغرافيا التي تمكّن من صنع صور ذات ثلاثة أبعاد (٥ و ٦ و ٨) .

ثمّة مجال آخر يمكن أن يحدث فيه الليزر ثورة . هو الطاقة النووية . تجرى الآن بحوث لمعرفة ما اذا كان الانصهار النووي الحراري (التفاعل الذي يحصل في القنبلة الهيدروجينية وفي النجوم) يمكن بدؤه بواسطة الليزر بدلاً من تفريغ كهربائي قوي .



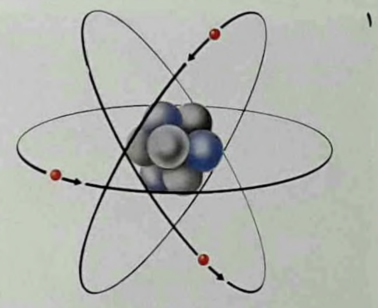
(٧) ـ تحتوي حزمة الليزر على طاقة كافية لأن « تحدث بالاحتراق » ثقباً في مواد صلبة كالماس والفولاذ . هنا تحدث حزمة ليزر ثقباً في زجاج مقسّى . تستعمل الماسات المثقوبة بواسطة الليزر كقوالب لصنع الاسلاك المعدنية الدقيقة.

(٨) ـ تعيد الهولوغرافيا بناء الموجات الضوئية . فالنقطة المضاءة تحدث جبهات موجية كروية (أ). أما سطح الجسم . فيحدث جبهة موجية معقدة (ب) . فاذا انضمت جبهة مقوّسة الى جبهة مسطّحة من الضوء الأساسي يتكون شكل (ت) على صفيحة فوتوغرافية . عندما يمر ضوء الليزر من خلال هذه الصورة يعاد بناء جبهة الموجة الاصلية .

ماهي الكهرباء؟

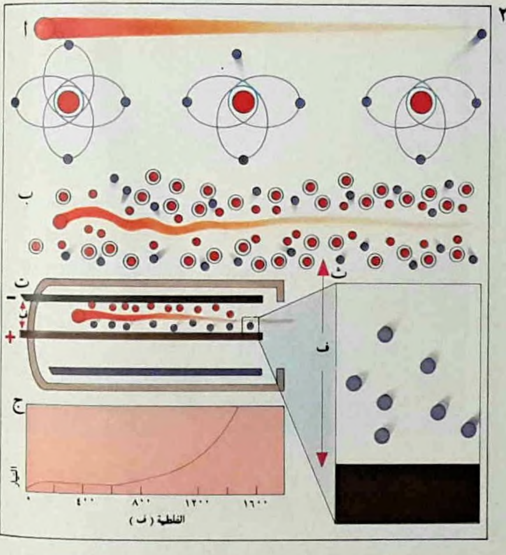
الكهرباء ، في نظر الانسان العادي ، تسبب وميض البرق (٨) ، او هي ذلك النوع من الطاقة الذي بفضله يعمل جهازه التلفزيوني وتتحرك غسّالته الآلية ؛ وهو يعلم كذلك ان القطارات الكهربائية تستخدم القدرة الكهربائية ، وتذكّره الخطوط الكهربائية المتقاطعة في سماء الريف بأنه هو ايضاً يعتمد على هذه القدرة ،كما يتذكر ذلك ايضاً عندما يرغم على القراءة على ضوء شمعة بسبب انقطاع التيار . لكن هناك عمليات اخرى يومية ، هو اقل دراية بها ، تنطوي على استعمال الكهرباء ايضاً : فالقلب النابض والرياضي الراكض والطفل الحالم والسمكة السابحة تولّد جميعها شكلاً من الكهرباء لا

١



(١) ـ الالكترون هو الوحدة الاساسية للكهرباء . وهو ايضاً الجسيم الرئيسي الذي يوجد في جميع انواع الذرات . في هذا النموذج البسيط لذرة من عنصر الليثيوم المعدني ، يمكن رؤية ثلاثة الكترونات (حمراء) تحيط بالنواة المركزية . تتألف النواة من جسيمات تفوقه حجماً تسمّى بروتونات (زرقاء) ونيوترونات (رمادية) . يحمل كل الكترون شحنة كهربائية سالبة وكل بروتون شحنة موجبة بحيث ان شحنات الالكترونات الثلاث تتوازن مع شحنات البروتونات الثلاث توازناً تاماً ، جاعلة الذرة بكليتها محايدة كهربائياً . في جسم موصّل (أي في اكثر المعادن) ، تدفع قوة كهربائية دافعة خارجية (الفلطية) بالالكترونات الى التنقل من ذرة الى ذرة . وهذا السيل من الالكترونات هو الذي يكوّن التيار الكهربائي . تبدأ حركة الالكترون في موصّل عندما يفلت الالكترون الخارجي الاقصى ، اذ لا يكون مقيداً بنواته باحكام . في الاجسام غير الموصّلة او العازلة تكون الالكترونات مقيدة بالنواة باحكام بحيث لا تنفصل عنها بسهولة . لذلك كانت هذه المواد غير موصلة للكهرباء . في بعض الحالات قد تفقد الذرات تماماً الكتروناتها او تكسب الكترونات اضافية ، فتغدو مشحونة باستمرار . تستطيع ايضاً هذه الذرات المشحونة المسماة ايونات ان تعمل كناقلات للتيار .

٢



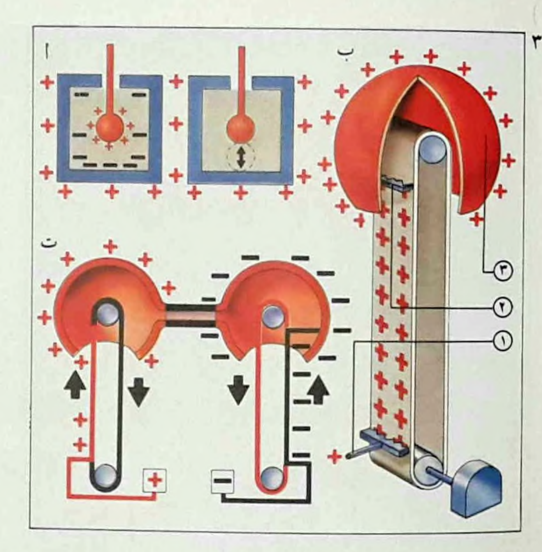
(٢) ـ اذا مرّ جسيم ذو سرعة فائقة من خلال غاز ، فانه يطرد الالكترونات من الذرات المحايدة (أ) ، وهكذا يخلّف وراءه تياراً من الالكترونات الطليقة (ب) ترى هنا باللون الازرق . اذا افلتت هذه الالكترونات بقوة كافية ، فبوسعها بدورها ان تطرد معها الكترونات اخرى . كما يحصل في عدّاد جيجر (ت و ث) ، اذ تدخل الغرفة جسيمات تحت ذرية تسرّع لانتاج المزيد من الالكترونات الطليقة ، ثم تجتذب هذه نحو صفيحة موجبة وتوجّه من

تقل حقيقته عن حقيقة تولّد شكل آخر من الكهرباء في محطة التوليد ·

الالكترونات والبروتونات

اما في نظر العالم . فالكهرباء تتولد عن حركة إلكترونات وجسيمات أخرى مشحونة تعمل داخل مواد مختلفة · فلكي نفهم الكهرباء فهماً علمياً . لا بد لنا اذن من معرفة الذرات والجزيئات تحت الذرية المكوّنة منها · مفتاح هذا الفهم هو اليوم الالكترون الصغير جداً . حتى عندما يقارن بالذرة الدقيقة التي يوجد فيها ·

لذرات جميع المواد الكترون او عدد من الالكترونات تسير في مدارات متفاوتة الاتساع . كما تدور السيارات حول الشمس · يعادل عموماً عدد الإلكترونات عدد البروتونات الموجودة في النواة · غير ان البروتونات تظلّ ثابتة في موقعها تقريبا في



٤

هناك لتحتّ مقياساً او سماعة اذن · سيل التيار مرتبط بقوة الفلطية (ف) بين الصفائح (ج) · تدل قراءة العداد او تواتر الطقطقات على كمية طاقة المصدر الاشعاعية ·

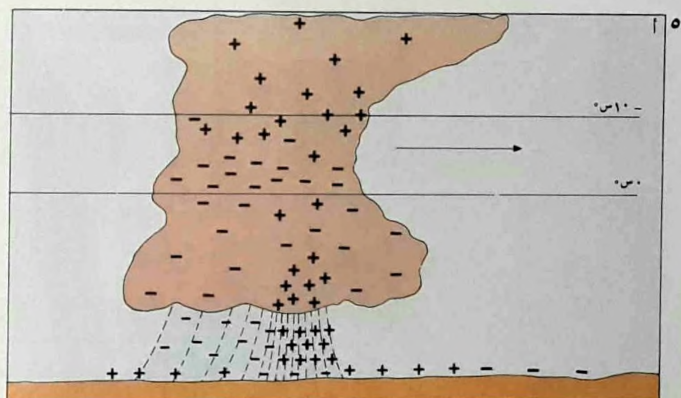
(٣) – يمكن انتاج فلطيات مرتفعة بواسطة مولد فان دي غراف (ب) · اذا وضع جسم ذو فرط من الايونات الموجبة داخل وعاء ، فان داخل الوعاء يكتسب الكترونات (أ) ، كما يكتسب خارجه ايضاً عدداً مماثلاً من الايونات الموجبة · عندما يمس الجسم المشحون داخل الوعاء ، تنساب جميع الالكترونات الطليقة الى الداخل فتجعله محايداً . ويظل خارج الوعاء محتفظاً بايوناته الموجبة · في مولد فان دي غراف ترش هذه الايونات الموجبة من مصدر ملائم (١) على حزام ناقل متصل . فينقلها الى داخل كرة معدنية · يكون الحزام متصلاً بالجدار الداخلي عبر موصّل هو المشط (٢) . مهمته تسهيل سيل الالكترونات الى الحزام · فينجم عن هذا تكوّن ايونات موجبة على جدار الكرة الخارجي (٣) · يمكن تقوية هذه الظاهرة باستعمال مولّدين متصلين معاً (ت) ·

(٤) – يولّد القلب النابض تيارات كهربائية ضعيفة يمكن مشاهدتها . بعد تضخيمها بشكل مناسب . في انبوب اشعة كاثودية · يمكن تسجيل هذا التيار باستمرار على ورقة . فيسمى مخططاً بيانياً كهربائياً للقلب بالنسبة الى القلب (١) . ومخططاً بيانياً كهربائياً للدماغ بالنسبة الى الدماغ (٢) . بواسطته يمكن تشخيص الشوائب ·

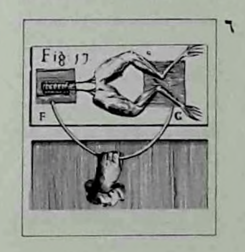
وسط الذرّة .

لكل من الالكترونات والبروتونات شحنة كهربائية . لكنها بقطبية متقابلة . لذلك يجذب احدهما الآخر . خلافاً لشحنات القطبية الواحدة التي تصد احداها الاخرى . للتمييز بين شحنة البروتون وشحنة الالكترون تدعى الاولى موجبة والثانية سالبة . الذرّات التي لها الكترونات اقل من المألوف او اكثر تسمى ايونات ؛ واذا كانت الذرة تفتقر الى الكترونات ، تسمّى ايونا موجباً ، واذا كان لها فائض منها ، تسمى ايونا سالباً .

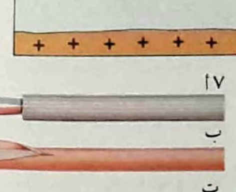
نجد في عمل العضلات مثلاً قوياً على العلاقة بين النشاط الكيميائي والنشاط الكهربائي . فألياف العضلة تتقلص عندما تثار كهربائياً (٦) اي عندما يتلقى عصبها اشارة كهربائية من الجهاز العصبي ، فتنطلق منه مادة كيميائية . كذلك ، عندما يلحق عطب بجزء من هذا الجهاز او تصبح فيه الألياف



(٥) ـ يبدأ تكوّن البرق مع تكوّن غيمة عاصفية ضخمة (أ) يكون في داخلها فرق كبير في درجات الحرارة ، فتتحرك الايونات الموجبة صعوداً والالكترونات نزولاً في داخل الغيمة ، مسببة بذلك تجمع الايونات الموجبة على سطح الارض تحتها . عندما يصبح عدد الالكترونات كافياً يحصل انحلال فجائي في الهواء ، فينطلق تيار من الالكترونات بسرعة نحو الارض (ت) ليلتقي بتيار صاعد من الايونات (ب) .



(٦) ـ كانت « الكلفانية » المصطلح المستعمل لوصف الارتعاش الذي يحدثه تيار كهربائي في رجلي ضفدعة . استخدم لويدجي كلفاني (١٧٣٧ ـ ١٧٩٨) هذا التفاعل ليبيّن العلاقة بين النشاط العضلي والكهرباء .



(٧) ـ تتالف الشبكة الكهربائية المنزلية من اسلاك من النحاس مغلفة بمطاط او مادة لدنة (أ و ت) . اما الاسلاك الصامدة للنار (ب) فانها تغمر بمسحوق لا يحترق يحيط به انبوب من النحاس .

ضعيفة او العضلات تالفة ، يمكن استعمال اشارات كهربائية خارجية لإثارة نشاط العضلات او لتقوية اليافها ·

الموصِّلية

تنتقل الكترونات بعض المواد بحرية اكثر من غيرها · تعرف هذه الميزة بالموصِّلية · اكثر المعادن والغازات الحارة وبعض السوائل موصِّلات كهربائية جيدة ،



(٨) ـ لم تفسَّر الصواعق تفسيراً صحيحاً الا منذ ٢٠٠ عام تقريباً · انها تنجم عن عدم توازن كهربائي ، إما بين الغيوم فيما بينها ، او بين الغيوم والارض · فاذا تجمَّع في قاعدة الغيمة فرط من الالكترونات ، فمن شأن ذلك ان يجتذب ايونات موجبة الى سطح الارض تحت الغيمة · فيزداد الفرق بين الشحنتين · الى ان ينطلق دفق مفاجىء يبطل فعل الشحنات على كل من سطح الارض والغيمة ·

لكن الهواء والمطاط والزيت والبوليتين والزجاج موصِّلات سيئة ، بحيث يمكن استعمالها لتغطية الموصِّلات الجيدة (٧) · هذه الموصلات السيئة تسمى عازلات ·

هناك ايضاً فئة من المواد ـ نصف الموصِّلة ـ تفعل جزئياً كعازلات وجزئياً كموصِّلات · من هذه المواد الجرمانيوم والسيليكون واكسيد النحاس · يمكن استثمار هذه الميزات لأغراض عدة · فمثلاً يمكن استعمال أحد انصاف الموصِّلات لصنع صمام كهربائي يسهِّل ، كالصمام في اطار دراجة ، تحرك الالكترونات في اتجاه واحد فقط · هذا الجهاز يسمَّى مقوِّماً ، ويستعمل في اجهزة الراديو الدقيقة ومحطات القدرة الضخمة على السواء لتحويل التيار المتناوب الى طيار مطَّرد ·

فرط الموصِّلية

اذا هبطت درجة الحرارة في بعض المواد هبوطاً كلياً ، تبطل كلياً المقاومة لتدفق الالكترونات ؛ وعندما تبدأ الالكترونات سيرها ، فانها تتبع حركتها الى ما لا نهاية له ، شرط ان تظل درجة الحرارة منخفضة انخفاضاً كافياً · ان هذا الوضع من المقاومة المعدومة او المعادلة للصفر يسمى فرط الموصِّلية · وهي تحصل بدرجات قليلة فوق الصفر المطلق في بعض المعادن كالقصدير والرصاص والالومنيوم والنيوبيوم ·

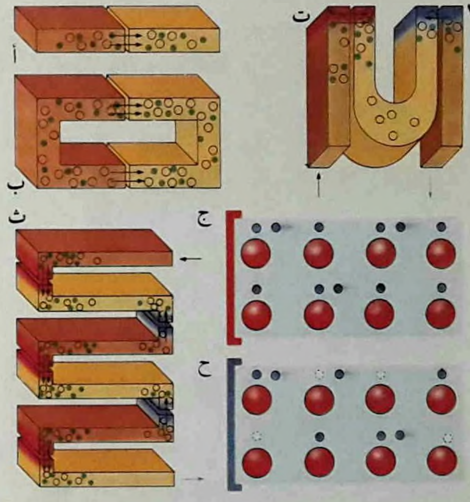
فالكهرباء اذن حركة الكترونات او سواها من الجسيمات المشحونة ، هذه الجسيمات التي ، وان كانت من اصغر مقوِّمات المادة ، تؤثِّر ، بفضل طريقة تحركها وتفاعلها ، تأثيراً عميقاً في كل مظهر من مظاهر الحياة ·

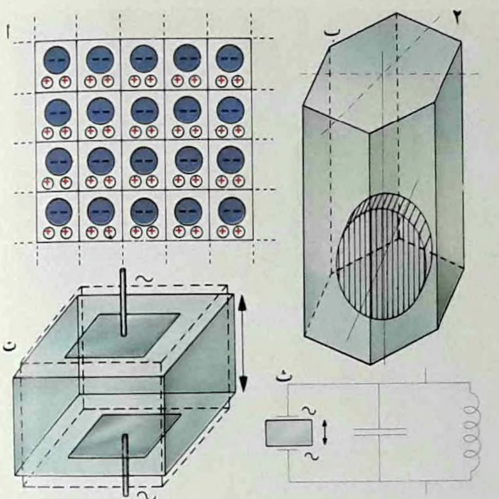
ماهو التيّار الكهربائي؟

التيار الكهربائي هو الكهرباء الجارية في سلك · والسلك هو الموصّل · عندما يكون مصباح كهربائي موصولاً بحاشدة ويفتح زرّه ، يسير التيار على طول السلك من احد طرفي الحاشدة الى فتيلة المصباح جاعلاً شعيراتها تتوهج بحرارة بيضاء ، ثم يعود على طول السلك الآخر الى الطرف الثاني من الحاشدة · اذا سُكّر الزر ، تنقطع الدائرة ويتوقف سيل التيار فينطفىء المصباح ·

حركة الالكترونات

حاملات التيار في اكثر الدوائر الكهربائية هي الكترونات المعدن الموصّل · في جميع الموصّلات ، كما في عدد قليل من المواد





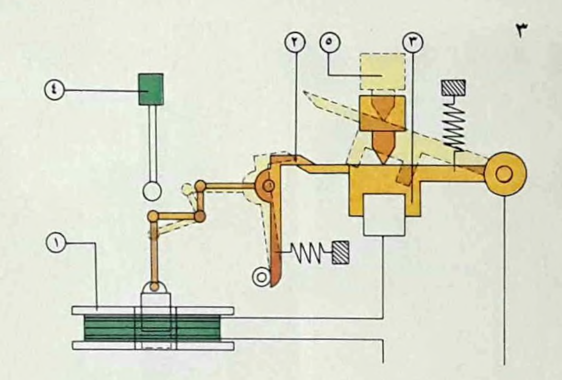
(١) ـ اذا كان لمعدنين طاقتان مختلفتان من الالكترونات الحرة ووُصِل بين هذين المعدنين ، فالالكترونات فيهما تعيد توزيع ذواتها جزئياً في كل من طرفي الاتصال (أ) · لكن اذا وصل الطرفان الآخران للمعدنين أيضاً تتوقف عملية التوزيع هذه · لأن الالكترونات لا تستطيع الانتقال في اتجاهين متعاكسين في آن واحد (ب) · لكن قد يتغير ذلك ، اذا كان ثمة فرق في درجة الحرارة بين مكاني الاتصال (ت) ، فتبدأ الإلكترونات بالتحرك في اتجاه واحد خاص · يشكل ترتيب أماكن اتصالات عدة ترتيبا خاصا ميزان حرارة « كهربائيا » (ث) · يحصل هذا أيضاً في أماكن الاتصال بين نوعين من أنصاف الموصّلات المعروفة بالنوع الموجب والنوع السالب · يجري التيار من الطرف الحار الى الطرف البارد في النوع السالب (ج) وبالاتجاه الآخر في النوع الموجب (ح) ·

(٢) ـ بعض البلورات ، ومنها الكوارتز والياقوت الازرق ، توجد بشكل « خلايا » في حالة دقيقة من التوازن الكهربائي (أ) · فإذا غيرنا فلطية البلّورة ، يشوش هذا التغيير التوازن الدقيق القائم ويسبب اهتزازا في البلّورة ، يحدث صوتا او موجات فوق سمعية (ب) · بعكس ذلك عندما تُهَزّ بلورة من هذا النوع ، تولّد فلطية · يستخدم هذا الأثر ، المسمى كهربائية اجهادية ، في اللاقط الصوتي الغراموفوني (ت) وفي مكبرات الصوت البلورية · في اللاقط الصوتي تنتقل اهتزازات الإبرة من ثلم الاسطوانة بسرعة الى بلورة الكهربائية الاجهادية ، فتولّد تيّارا كهربائيا ضعيفا · اما في مكبّر الصوت ، فتدفع الموجات

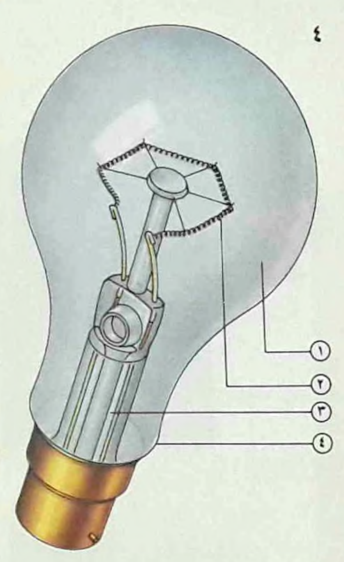
الاخرى ، توجد دائماً حركة عشوائية للإلكترونات (وهي جسيمات دقيقة مشحونة) حتى عندما لا يكون هناك تيار يجري . قد تكون الالكترونات حرّة التحرك نسبياً او مقيّدة كلياً . للموصّلات الجيدة الكترونات اكثر حرّية من الكترونات الموصّلات السّيئة . أي العازلات التي تكون فيها الالكترونات اكثر ارتباطاً بأمهاتها الذرّات فلا تتحرك بسهولة . عندما تحدث حركة الكترونات في اتجاه معيّن ، يتكوّن سيل منسجم منها هو التيار الكهربائي ، الذي يقاس بالامبيرات .

لا بد من استعمال القوة لتنظيم حركة الالكترون العشوائية في موصّل . في الطبيعة قد ينجم ذلك عن عدد من المصادر ، كنور الشمس او العمل المغنطيسي او النشاط الكيميائي . استثمرت بعض هذه المصادر

٣



٤



الصوتية بحجاب مركب على بلورة الى الاهتزاز وتولّد تياراً يضخّم ثم يلقّم به مسجل شريطي أو جهاز صوتي . أكثر البلورات تستجيب لتواتر واحد فقط يناسب احجامها . تستخدم المرسلات اللاسلكية (الاشعاعية) هذه الخاصية لتستوعب تواتراً معيناً ثابتاً **(ث)**. **تستطيع بلورات الكوارتز المهتزة أن تعيّن الوقت بدقة تكاد تكون مثالية . فهي تستعمل في ساعات الكوارتز الكبيرة والصغيرة التي لا تقدم أو تؤخر لسنوات عدة سوى بضع ثوان . تستعمل البلورات الكهربائية الاجهادية أيضاً لتوليد الكهرباء لإشعال الغاز** في بعض ولأعات السجاير «الالكترونية» .

---

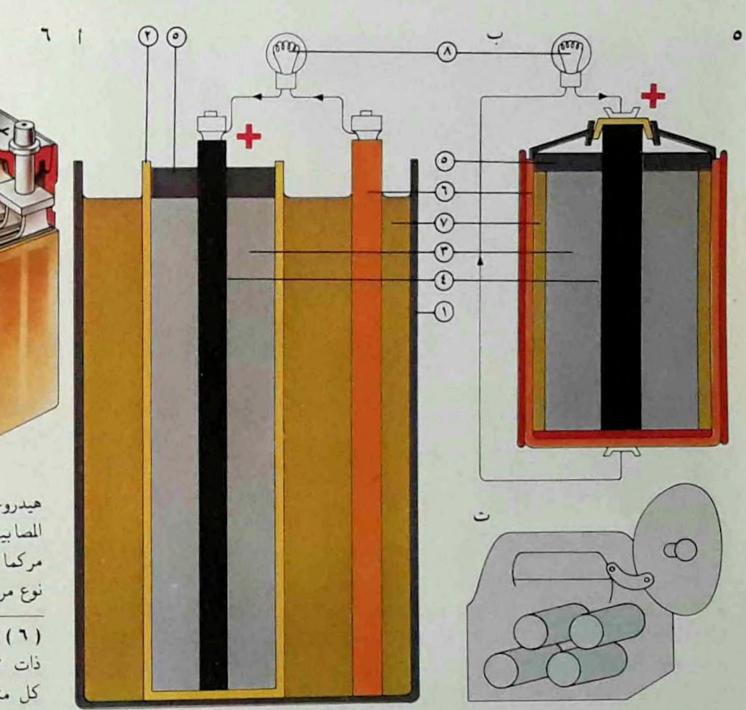
(٣) - يمكن استعمال قاطع الدائرة ، مع صهيرة أو كبديل عنها ، لقطع التيارات المرتفعة الى درجة الخطر . عندما يتضخم التيار الجاري عبر الملف (١) ، يتولد مجال مغنطيسي يحث المزلاج (٢)، مسبباً ارتفاع اداة التلامس (٣) فينقطع التيار وبذلك يقي الدائرة التي يشكل القاطع جزءاً منها . لن يعود التيار بعد ذلك الى الجريان حتى يقفل قاطع التيار مجدداً ، وهذا ما يحصل بكبس زر الضبط (٥) .

(٤) - الحرارة التي يولّدها مرور التيار الكهربائي هي مصدر الضوء في ما يسمى المصباح «الفتيلي» أو «المتوهج» . بما أن الفتيلة (٢) مغلقة في فراغ أو في غاز خامل (١)، فهي لا تتأكسد عندما يمر التيار من خلالها ويرفع حرارتها ، انها مصنوعة من سبيكة تنغستن تجمع بين المتانة الآلية والحرارية . وعلى الرغم من أنها رقيقة للغاية ، فإنها تتوهج بحرارة بيضاء عندما يمر خلالها تيار كاف . يدعمها محوران زجاجيان (٣) تمر من خلالهما اسلاك الوصل . كل هذه المجموعة محصورة داخل غلاف زجاجي رقيق (٤) . لا يتحول الى ضوء سوى ٢٪ تقريباً من الطاقة الكهربائية .

لإنتاج تيار كهربائي ، وكانت الاجهزة الشائعة المصممة لهذه الغاية ، هي اوّلاً المولّد الذي يستعمل التأثيرات المغنطيسية ، ثانياً المركم (٥) الذي يعتمد على النشاط الكيميائي . كلاهما يرغم الالكترونات على الجري في اتجاه واحد داخل دائرة ، وذلك بفضل القوة الكهربائية الدافعة التي يولدانها . تقاس هذه القوة بالفلطات بواسطة مقياس الفلطيّة .

العلاقة بين الفلطية والتيار

كلما ازدادت الفلطية في دائرة ازداد التيار قوة . غير ان الدائرة الكهربائية مؤلفة من عدد من الاجزاء المختلفة . فهناك عموماً مفتاح وموصّلات والأداة التي تزود بالكهرباء . تبدي هذه كلها معاً مقاومة لجريان التيار الكهربائي ، الذي هو ثابت (شرط ان تظل درجة الحرارة على حالها) بالنسبة الى هذه المجموعة الخاصة من



(٥) ـ قوام مركم ليكلانشه غلاف مسيك (١) يحتوي على وعاء نفيذ (٢) فيه معجون من ثاني أكسيد المنغنيز وحبيبات فحم (٣) تحيط بقضيب فحمي (٤) . يمكن أن يسد اعلى المركم بالزفت (٥) . يقوم قضيب من الزنك (٦) في محلول من ملح النشادر (٧) ويتصل بالقضيب الفحمي بواسطة دائرة كهربائية وبصيلة مصباح (٨) . يذوب الزنك في المحلول محدثاً قوة دافعة كهربائية . تنتقل ايونات الامونيوم الى المصعد الفحمي وتشكل غاز النشادر (الذي يذوب في الماء) وايونات هيدروجين . تستعمل حاشدات المصابيح الجافة (ب و ت) مركما ذا معجون رطب من نوع مركم ليكلانشه .

(٦) ـ لبطاريات السيارات ذات ١٢ فلطاً ٦ مراكم قوة كل منها فلطان ومتصلة على التوالي . للاعمدة مصاعد من أكسيد الرصاص الاسمر ولواحب من الرصاص الرمادي النفيذ مغمورة في الحامض الكبريتي . يجري التيار الكهربائي ، اذا كانت الاقطاب موصولة بواسطة

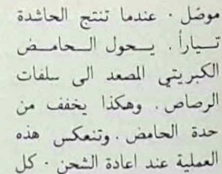
العناصر · لذلك اذا استعملت الفلطية ذاتها في بصيلة مفتاح الاضاءة وفي مكواة كهربائية . فان جريان التيار يختلف عندئذ في كل منهما . لأن لكل منهما مقاومة مختلفة · وهكذا ليس مقدار الفلطية وحده هو ما يحدد كمية التيار التي تمر من خلال قطعة تجهيزات . بل تشترك في ذلك ايضاً مقاومة هذه التجهيزات ومقاومة الموصّلات · تقاس هذه المقاومة الكهربائية بالاومات (Ω) ·

٧

صهيرة سالمة

صهيرة محروقة

٨



موصّل · عندما تنتج الحاشدة تياراً . يحول الحامض الكبريتي المصعد الى سلفات الرصاص . وهكذا يخفف من حدة الحامض . وتنعكس هذه العملية عند اعادة الشحن · كل مركم في الحاشدة مؤلف من مصاعد ولواحب عدة تفصل بينها عازلات · المراكم المختلفة موجودة في صندوق من المطاط والصلب ومرتبطة معاً ·

(٧) ـ يستعمل الاثر الحراري لتيار كهربائي في صهيرة قوامها سلك دقيق يذوب عندما يمر فيه تيار زائد القوة وبذلك يقطع الامداد الكهربائي ·

(٨) ـ المحركات الكهربائية الدقيقة كهذا الذي يستعمل لتحريك مسجلة شريطية مصغرة تظهر بقوة للعيان المدى الهائل لحجم التجهيزات الكهربائية وتطبيقاتها ·

في أي موصّل او مجموعة موصّلات او تجهيزات . تعطى العلاقة بين الفلطية والتيار والمقاومة بالصيغة التالية : الفلطية = التيار × المقاومة · هذا هو التعبير الرياضي عن قانون اوم المنسوب الى جورج اوم (١٧٨٧ ـ ١٨٥٤) . الذي كان اول من حدّد العلاقة بين هذه العوامل الثلاثة بشكل دقيق ·

ترتبط مقاومة الموصّلات الكهربائية باحجامها وبالمواد المصنوعة منها ·

في دائرة كهربائية . تكون سرعة الالكترونات واحدة دائماً في جميع النقاط في أي وقت معيَّن · وفاقاً لاصطلاح شاع قبل فهم طبيعة الكهرباء فهماً صحيحاً . كان مفترضاً ان التيار المتواصل (اي التيار المنطلق من حاشدة او من دينامو) يجري من القطب الموجب الى القطب السالب · اما الواقع . فهو ان الالكترونات تنتقل من القطب السالب الى القطب الموجب . اي في اتجاه معاكس للاتجاه المفترض للتيار ·

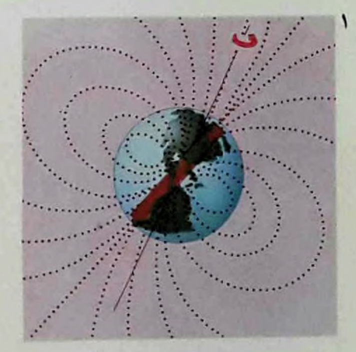
آثار جريان التيار

هناك ثلاث ظاهرات تحدث على نحو نموذجي عندما يجري تيار (وبواسطتها يمكن كشفه) . هي : الحرارة . الآثار الكيميائية . الآثار المغنطيسية · يستعمل الأثر الحراري لتوفير الحرارة للتجهيزات الكهربائية وأوعية الطبخ والأفران الصناعية · يستعمل الأثر الكيميائي للتيار في الطلاء بالكهرباء . وفي تخزين الطاقة في الحاشدات (٦) · اما الأثر المغنطيسي . فيستفاد منه في المحرّكات والمغنطيسات الكهربائية وفي كثير من الأجهزة الأخرى ·

المغنطيسيّة

ليست المغنطيسية والكهرباء ظاهرتين منفصلتين. نشأ التفكير الخاطىء بأنهما قوّتان مستقلتان من ان ترابطهما لم يدرك ادراكا تاما قبل ١٨٢٠. ففي ذلك العام فقط بيّن العالم الدنمركي هنسن كريستيان اورستد (١٧٧٧ - ١٨٥١) ان التيار الكهربائي الجاري في سلك يسبّب انحراف ابرة بوصلة قريبة منه. وانه كلما جرى تيّار كهربائي، أكان ذلك من غيمة الى الارض بشكل برق ام عبر عضلة في الجسم، فلا بد ان يتولد حقل مغنطيسي.

قبل آلاف السنين من التعرّف الى الكهرباء واستخدامها، كانت المغنطيسية معروفة ومستعملة، لاسيما في الملاحة. مع



(١) - يمكن صنع نموذج مبسّط لمجال الارض المغنطيسي برسم قضيب مغنطيسي كبير قائما في مركز الارض. وبتصوير المواد المغنطيسية على سطح الكرة الارضية منتظمة بحيث تقف اقطابها النازعة نحو الشمال مشيرة الى القطب الشمالي (وهو في الواقع القطب الجنوبي للمغنطيس المتخيّل) واقطابها النازعة نحو الجنوب الى القطب الجنوبي (القطب الشمالي للمغنطيس المتخيّل).

---

(٢) - في المغنطيس البدائي كانت الخاصّيات المغنطيسية لحجر المغنطيس تكثّف بوضعه داخل بنية من الحديد المطاوع (أ). فهذه البنية تسهّل انتقال الدفق المنبعث من المغنطيس كما تزيده تركيزا. بما ان قوة الجذب تتناسب طردا مع مربّع كثافة الدفق. كانت تقوّى قوة الجذب بجعل الدفق يمر من خلال قطع صغيرة. في ما بعد، جرت تحسينات على قوة الجذب في حجارة المغنطيس باستعمال قطع حديدية مستقطبة (ب).

---

(٣) - لعل الصينيين كانوا اول من ادرك الخاصّيات الاتجاهية للمواد المغنطيسية. فصنعوا بوصلات تساعدهم في السفر بحرا وبرّا. في القرن الثاني عشر، كانت البوصلات المغنطيسية مستعملة في الغرب. هذه البوصلة من القرن الثالث عشر (الرسم) تتألف من قرص من حجر المغنطيس مرقّم بنقاط البوصلة ومثبّت على قطعة من الخشب طافية على سطح المياه.

---

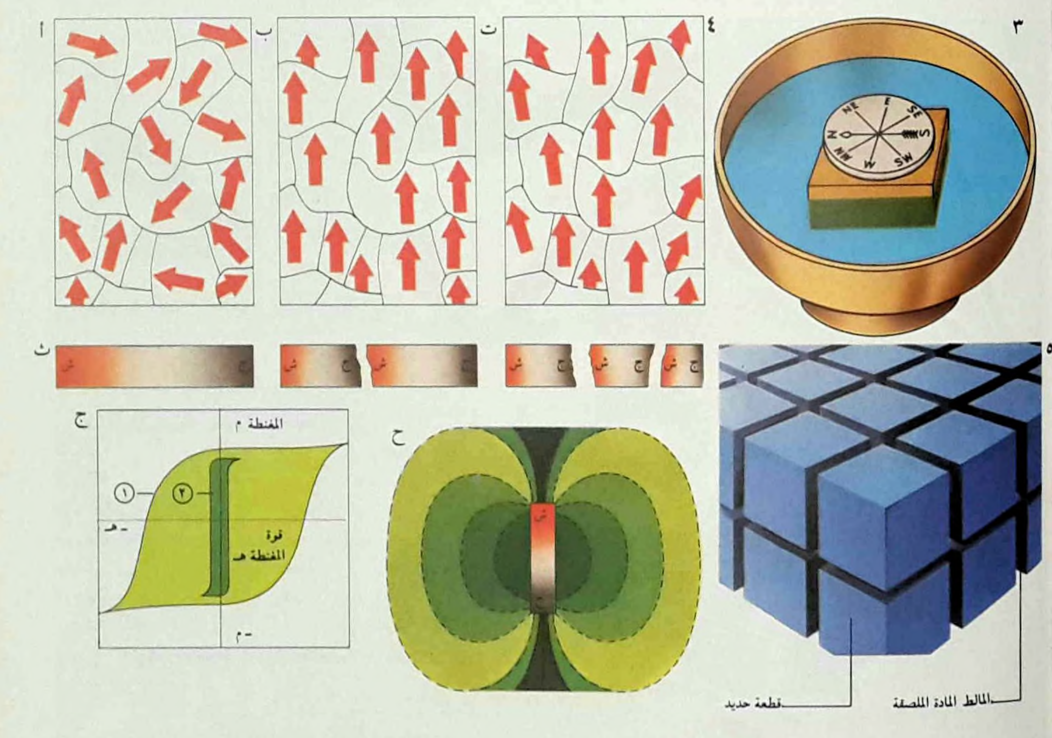
(٤) - الترتيب العشوائي للجسيمات في مواد غير ممغنطة (أ) ينقلب ترتيبا كامل التنظيم بفعل مجال مغنطيسي خارجي (ب) قوي. عند ابعاد الحقل، لا تعود الجسيمات كليا الى وضعها العشوائي، بل تحتفظ بشيء من اصطفافها السابق (ث). اذا قطعنا قضيبا مغنطيسيا كبيرا الى قطعتين، فالجسيمات الممغنطة الواقعة عند الاطراف المكسورة تعمل بحيث تتحول القطعتان الى مغنطيسين جديدين يكونان صورة طبق الاصل عن المغنطيس الاصلي. زيادة القوة المغنطيسية الى ما بعد حد معيّن (ج) لا تزيد التراصف ترتيبا، اذ تكون المادة قد تشبّعت. اذا عكسنا قطبي قوة المغنطة، زالت المغنطة تماما، اما اذا ابعدنا القوة الممغنطة عن المواد، تبقى هذه المواد ممغنطة جزئيا. لمواد مغنطيسية

الزمن . وعندما وعى العلم الطبيعة الذرية للمادة ، اتضح اخيرا ان خاصّيات المغنطيسية والكهرباء مرتبطة بطبيعة البنية الفيزيائية للذرّات وإلكتروناتها وبترتيبها .

ان خاصّية جذب الحديد والمواد التي اساسها الحديد تظهر طبيعيا في معدن يسمّى الحجر المغنطيسي (٢) . الذي هو مادة كيمائية مركّبة من الحديد . من المرجّح ان يكون احد اشكال حجر المغنطيس هو ما استعمل في اولى البوصلات المغنطيسية . التي يعتقد انها من صنع الصينيين (٣) . من السهل نسبيا نقل الخاصّيات المغنطيسية بين مواد مختلفة ، اشهرها الحديد والفولاذ .

المغنطيسات الدائمة

المواد التي تجتذب الحديد هي فئة ممّا يسمّى بالمغنطيسات الدائمة . مع انها لا تستطيع الاحتفاظ بخاصّيتها المغنطيسية الا



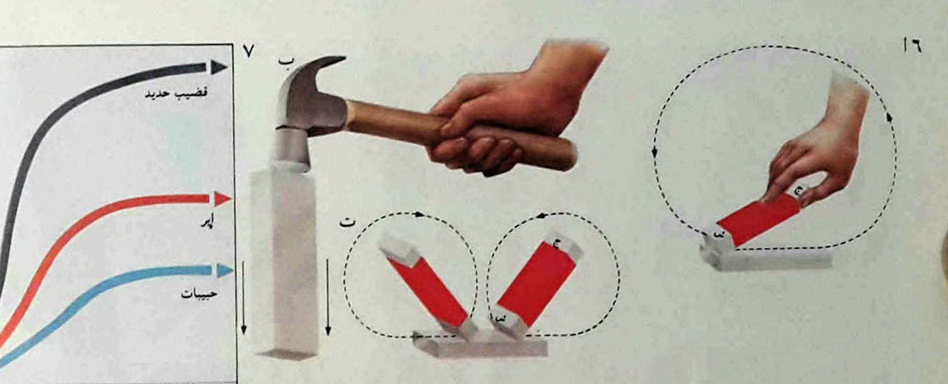
مختلفة (١ و ٢) منحنيات متشابهة .

(٥) – من الممكن صنع مغنطيسات ذات اشكال معقّدة . وذلك بمزج مسحوق الحديد مع مادة ملصقة وصب المزيج في قالب الشكل المطلوب . اذا كان الشكل شبيها بالآجرّ الملّط ، فتكون الآجرات بمثابة قطع الحديد والملاط بمثابة المادة الملصقة . على هذا ، يكون كل مغنطيس مفصولا عن جاره بمادة غير مغنطيسية . وفي هذه الحالة ، تكون للمجموعة قوة مغنطيسية اضعف مما لو كانت كتلة واحدة .

لمدة محدودة فقط . المغنطيس الدائم هو كناية عن قضيب تفعل فيه قوة مصدرها مغنطيسية الارض . بحيث انه اذا كان حرّ الحركة . يتّجه احد طرفيه تلقائيا باتجاه قطب الارض الشمالي والطرف الآخر باتجاه القطب الجنوبي . يسمّى الطرفان القطبين الشمالي والجنوبي . القطبان المغنطيسيان المتعاكسان يجذب احدهما الآخر . يجتذب المغنطيس مادة ما بتحويلها اولا الى مغنطيس ضعيف بقطبية معاكسة . اما القطبان المتشابهان ، فأنهما يصدّ احدهما الآخر . ليست المواد التي تحوي حديدا وحدها هي التي تتأثر بالمغنطيسية . لكن آثار هذه القوة اسهل مراقبتها في المعادن الصافية . كالحديد والنيكل والكوبلت .

قوى المجالات

قوام المواد التي تتأثر بالمغنطيسية هو



(٦) ـ هناك طريقة بسيطة لمغنطة مواد كالحديد وسبائكه . وهي ان تطرق هذه المواد بقضيب مغنطيسي (أ) . فقرب القضيب وحركته يفضيان الى رصف الجسيمات المغنطيسية في هذه المواد . بحيث تتعاضد فيما بينها . فتسعى اطراف الجسيمات النازعة نحو الجنوب ان تتبع حركة القطب الشمالي للمغنطيس الاصلي . فتصبح جهة اليد اليمنى من المغنطيس الجديد قطبا جنوبيا . وجهة اليد اليسرى قطبا شماليا . هناك طريقة اخرى لمغنطة قضيب من مادة صالحة لذلك . وهي طرقها فقط (ب) . فبالطرق تتلقى جسيماتها صدمة ميكانيكية . فيتحرّك مجال الارض على اثرها ليجعل الجسيمات تصطفّ في اتجاهه . يمكن تحسين الطريقة المشروحة في (أ) لصنع قضيب مغنطيسي باستعمال مغنطيسين (ت) بدلا من واحد .

(٧) ـ تسهل مغنطة الحديد اذا كان بشكل قضبان اكثر مما اذا كان بأي شكل آخر لأن المجالات تكون في القضيب اشد اتصالا فيما بينها .

٨

(٨) ـ من الممكن ايضا صنع مجموعة مغنطيسية من برادة الحديد يكون لها شكل الإبر . وتكون ممغنطة باتجاه الطول . بحيث تسير خطوط الدفق المغنطيسي في هذا الاتجاه . فلا يتسنى للقوة الملصقة ان تضعف المجال المغنطيسي الا بصورة طفيفة لا تذكر .

اجمالاً جسيمات قابلة للمغنطة أو مغنطيسات دقيقة غير ناشطة. قائمة في داخل بنيتها. مبعثرة جميعها بطريقة عشوائية. تشغل هذه المغنطيسات مناطق تعرف بالميادين (٤) وتمكن رؤيتها بالمجهر الإلكتروني. في المواد غير المغنطة. تكون نتيجة فعل هذه الملايين من المغنطيسات الدقيقة. الشاذة في اتجاهات مختلفة. احداث حقل محايد. ليست له أية خاصيات

١٩ أ

ج

ش

ب

ج

ش

ت

ث

ش

ج

(٩) — قد تكون للمغنطيسات اشكال متنوعة. فمنها ما هو مستقيم كالقضيب (أ) او هو بشكل نعل فرس (ب) او طوقي (ت) او كالذي يظهر في (ث) وهو ما يستعمل في ادوات القياس الكهربائي. أشير الى القطبين بالحرفين ش (شمال) و ج (جنوب).

مغنطيسية. انه اشبه ما يكون بقدة يشدها بقوة مئات الاطفال من مواضع مختلفة. فتكون نتيجة جهودهم المجموعة ان القدة لا تتحرك.

تتم المغنطة عندما تتساعد جميع المغنطيسات معاً. باصطفافها في اتجاه واحد. فتتضافر جميع تأثيراتها لإبراز الخصائص المغنطيسية. نتيجة لذلك تتوقف القوة المغنطيسية لمادة ما في آخر الامر على قوة ميدانها. وهذه تتوقف بدورها على طريقة تركيب ذراتها في داخل الميادين.

مجال الارض المغنطيسي

قيس مجال الارض المغنطيسي بدقة ورسمت له خريطة. لكنه حتى الآن لا يمكن تفسيره تفسيرا يفي بالمراد (١).

يمكن فهم المغنطيسية الارضية الموجودة في قطع صغيرة من الحديد بطريقة افضل. اذا قلنا ان خطوط القوة المغنطيسية التي غالبا ما تسمى خطوط الدفق تغادر القطب الشمالي وتدخل في القطب الجنوبي. لكن هذا المفهوم اعتباطي تماما. كما ان خطوط العرض وخطوط الطول ترسم على سبيل الملاءمة فقط.

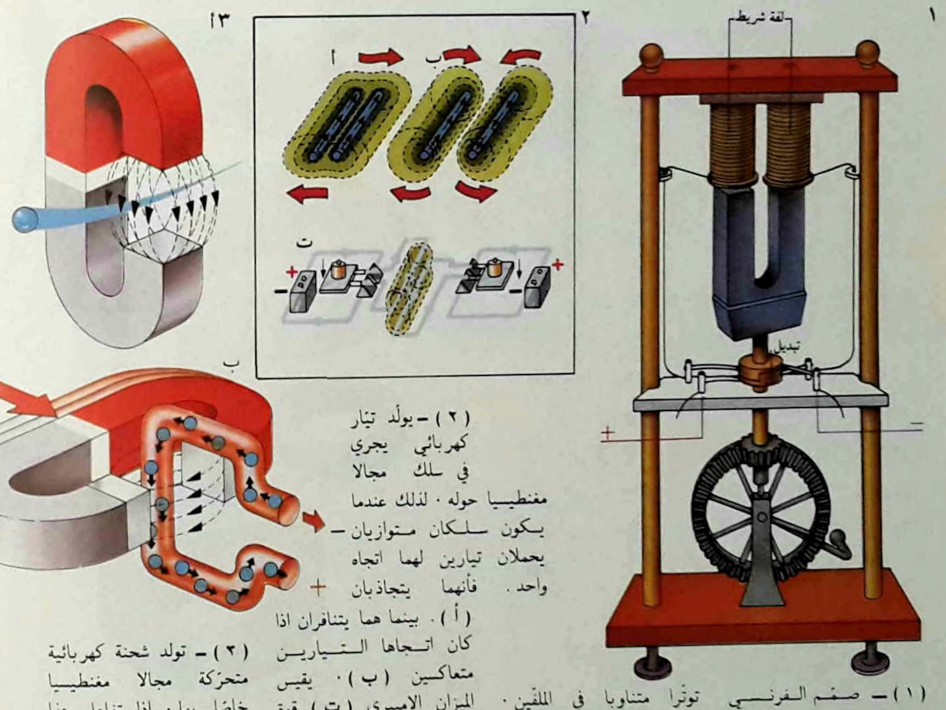
في رسم لقضيب مغنطيسي بسيط رسمت خطوط الدفق تقريبا بشكل اسطوانة ممتدة في الهواء حول المغنطيس من قطب الى آخر. خطوط الدفق هي من قطبية واحدة بحيث تصد بعضها بعضا. انها جميعا تنطلق من الاقطاب ذاتها وتنتهي اليها. لكنها جميعا تتبع مسارات واحدة لا تتقاطع ابدا.

الكهرطيسيّة

الكهرطيسية هي القوة التي تجعل التيارات الكهربائية تولّد مجالات مغنطيسية ۰ غالبا ما يكون أثر هذه العملية غير مرغوب فيه . كالتيار الذي يمرّ في احدى قطع سفينة أو احد كبلاتها . محدثاً مغنطيسية تجعل إبرة البوصلة تنحرف ۰ وكثيراً ما يحدث هذا الأثر دون أن ينتبه له أحد لضعفه ۰ لكن الكهرباء تُستعمل أحياناً عن قصد لإحداث مجالات مغنطيسية شديدة . كما في المغنطيسات الكهربائية التي تستخدم لرفع خردة الحديد (۹) ۰

التيار الكهربائي والدفق المغنطيسي

تقاس شدة المجال المغنطيسي بخطوط



(۱) — صمّم الفرنسي هيبوليت بيكسي مولّدا للكهرباء . عام ۱۸۸۳ . مؤلّفا من مغنطيس نضوي يلامس طرفاه ملفّين ۰ يدار المغنطيس بمجموعة مسنّنات تحرّك يدويا . فيستحثّ بدورانه توتّرا متناوبا في الملفّين ۰ اضيف اليه فيما بعد مبدّل يمكّن من التقاط التوتّر الموجب على جهة والسالب على الجهة الاخرى فيتولّد بذلك تيّار مستمر ۰

(۲) — يولّد تيّار كهربائي يجري في سلك مجالا مغنطيسيا حوله ۰ لذلك عندما يكون سلكان متوازيان — يحملان تيارين لهما اتجاه واحد . فأنهما يتجاذبان (أ) . بينما هما يتنافران اذا كان اتجاها التيارين متعاكسين (ب) ۰ يقيس الميزان الامبيري (ت) قوة التجاذب او التنافر بين سلكين موصّلين يحملان تيارين كهربائيين ۰ قد يكون لهذه القوى قدرة تدميرية كبيرة . عندما تكون التيارات قوية والموصّلات متقاربة ۰

(۳) — تولد شحنة كهربائية متحرّكة مجالا مغنطيسيا خاصّا بها ۰ اذا تفاعل هذا المجال مع مجال مغنطيس آخر . تنحرف الشحنة (أ) ۰ فاذا كانت الشحنة متحرّكة في سلك . ينحرف السلك ايضا كما يحدث في محرّك كهربائي ۰ على عكس ذلك .

الدفق او وحدات « فيبر ». تظهر هذه الخطوط حالما يجري التيّار الكهربائي ؛ لأن هناك علاقة نسبية بسيطة . في الهواء الطلق . بين التيار الكهربائي والدفق المغنطيسي . فاذا اعطينا سلكاً مستقيماً يحمل تيّاراً شكل حلقة . ولم يكن شعاع دائرة الحلقة كبيراً . فان تركيز الدفق المغنطيسي يزداد . حتى لو لم نقوّي التيّار الكهربائي .

يمكن زيادة شدة التركيز باستعمال دوائر عدة من السلك تكوّن بمجموعها ملفاً (٥ ت) : في نقطة كثافة الدفق القصوى (اي العدد الاقصى من خطوط الدفق في وحدة المساحة) تكون العلاقة بين شدة التيّار الكهربائي (**ش ت**) وعدد دورات السلك (**د**) والدفق المغنطيسي (**د م**) قائمة على القاعدة ان **ش ت** × **د** تتناسب مع **د م**. الدورات الاضافية للسلك هي مجرد طريقة لجعل التيار ذاته يجري أكثر من مرة واحدة .

٤

اذا اقترب مجال مغنطيسي من موصّل . تتحرّك الإلكترونات في الموصّل بحيث يقاوم مجالها المغنطيسي الخاص بها ذلك المجال (ب) . على هذا الاساس يبنى المولّد الكهربائي .

(٤) — في الجرس الكهربائي . يفتح المجال المغنطيسي ويغلق بسرعة . فيحرك بذلك مطرقة صغيرة فتقرع الجرس . عندما يفتح الزر (أ) يقوم تيار آتٍ من بطارية بتنشيط المغنطيس الذي يجذب عندئذ اليه درعا نابضا ومعه مطرقة (ب) . هذه العملية تقطع الدائرة في نقطة التلامس « فتطفىء » المغنطيس الكهربائي . عندئذ يرتد الدرع الى الوراء (ت) . ويمكن للعملية ان تتكرر بكاملها من جديد .

٥

(٥) — يولّد التيار الكهربائي في موصّل مجالا مغنطيسيا في سطح مستو متعامد مع اتجاه التيار . يمكن معرفة اتجاه المجال باستعمال « قاعدة اليد اليمنى » . وهي ان يمسك السلك باليد اليمنى (ب) بحيث يشير الابهام الى اتجاه التيار . فتعطي الاصابع الملفوفة على السلك اتجاه المجال . حتى عندما يكون هذا الاخير ملويا . يزداد الاثر المغنطيسي . عندما يعطى السلك شكل ملف لولبي (ت) . يمكن صنع المغنطيس الكهربائي باحاطة قلب حديدي (ث) بملفٍ لولبي .

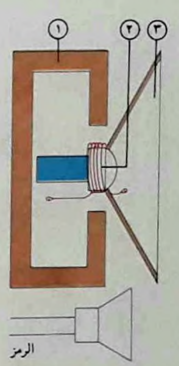
بحيث يصبح جريان ١٢ امبيرا في ٣ دوائر له الأثر المغنطيسي ذاته الذي يحدثه تيّار شدته ٣ امبيرات يجري في ١٢ دائرة .

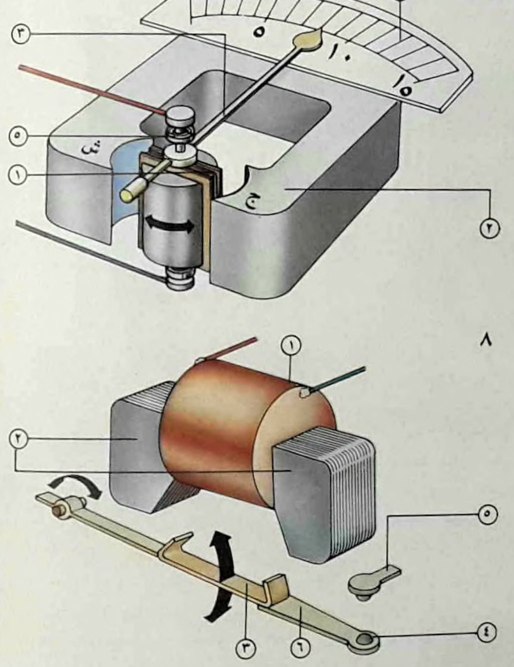
الملف اللولبي هو الاسم الذي يعطى لملف من السلك صنع لاحداث مجال مغنطيسي . يُلفّ هذا الملف على حديد (ملف ذي قلب حديدي) أو على مادّة غير مغنطيسية (ملف ذي قلب هوائي) .

عندما يُحدث تيّار كهربائي مجالاً مغنطيسياً في الحديد ، تتحرك في هذا المعدن جسيمات الميادين المجهرية لتنتظم في صف متواز مع المجال . وبما أنه من السهل على الدفق المغنطيسي المرور في الحديد ، فالتيار ينتج المزيد من الدفق في وحدة مساحة المقطع ، أي انّ كثّافة الدفق تشتدّ .

الحدود القصوى للمجالات

للملف اللولبي الحديديّ القلب مجال





(٦) ـ يتألف مكبر الصوت عادة من مغنطيس دائم (١) يولّد مجالا مغنطيسيا يكون فيه ملفّ (٢) ملتصق بمخروط ليفي (٣) في وضع متوازن . لكن بمقدوره التحرك الى الامام والى الوراء . يغذّي الملف تيار كهربائيّ متغيّر آت من مضخّم . فيتولّد في الملفّ من جراء ذلك دفق مغنطيسي متغيّر . هذا الدفق يتفاعل مع مجال المغنطيس الدائم . فيجعل الملفّ ومعه المخروط يتحرّك جيئة وذهابا . محدثا الصوت .

(٧) ـ في آلات القياس الكهربائية يدور الملفّ (١) عندما ينشّط في مجال مغنطيسي (٢) . فيتحرك المؤشر (٣) على التدريج (٤) ليدل على قوى التيار . ثم يعيده النابض (٥) الى مكانه الاصلي .

(٨) ـ تجعل الوصلات الكهربائية مصدرا ضعيف القدرة قادرا على فتح او اغلاق دائرة كهربائية عالية التوتر . فعندما ينشّط الملفّ (١) بتيار خفيف . يظهر دفق مغنطيسي بين قطبي القلب (٢) ويجذب الدرع (٣) ، عندئذ يتصل الملامس المتحرّك (٤) بالملامس الثابت (٥) . فيغلق الدائرة العالية التوتر . عندما يتوقف تنشيط الملف . يتغلب الثقل الموازن (٦) على المجال المغنطيسي الذي اصبح ضعيفا ويفتح الدائرة .

مغنطيسي أشد قوّة بكثير من مجال الملف الهوائي القلب . إلاّ ان خصائص الحديد تضع حدوداً لقوته .

يمكن للمجال المغنطيسي المتغيّر توليد تيار كهربائي ، تماماً كما يولّد التيار مجالاً مغنطيسياً . عندما يتحرك مغنطيس باتجاه موصّل . تستحث خطوط الدفق الجارية في المنطقة المحيطة بالموصّل قوة دفع كهربائية (توتّرا كهربائياً) . تتوقف قطبية التوتر



(٩) ـ تستعمل المغنطيسات الكهربائية غالبا في اماكن تجميع الخردة المعدنية لرفع خردة الحديد . فضل هذه الطريقة انها لا تخفف من العمل اليدوي فحسب . بل توفّر ايضا وسيلة لفصل الحديد عن مواد الخردة الاخرى .

المستحثّ على قطبية حركة الدفق واتجاهها . يكون أثر الحث في ملف لولبي أكبر منه في دائرة واحدة . وهو يتناسب طرداً مع عدد لفات السلك . كذلك اذا كان الملف ذا قلب حديدي ، يكون التوتر المستحثّ أكبر مما يكون عليه في الملف ذي القلب الهوائي . لأن تغيّرات الدفق تكون أكبر .

كيفية انتاج القدرة

تنتج المولدات الكهربائية تياراً بتطبيق هذه المبادىء بالذات (١) . فالمولّد الكهربائي هو . اساساً . مغنطيس يدور بين ملفّات . تتوقف قوة التوتّر المستحث على العوامل المذكورة سابقاً . اي قوة المغنطيس وسرعة دورانه (التي تحدد معدّل تغيّر الدفق) .

تسمح العلاقة بين التيار في الموصّل والدفق المغنطيسي باستخدام جريان تيار كهربائي في مجال مغنطيسي لاحداث الحركة . هذا هو المبدأ الذي تعمل بموجبه المحركات وبعض آلات القياس الكهربائية (٦) . لكن هذا يقتضي توفير قدرة كهربائية لاحداث حركة تقاوم القوة الميكانيكية .

يمكن اليوم توليد مجالات مغنطيسية أكثر شدة من تلك التي كانت معروفة سابقاً . وذلك بواسطة فرط الموصّلية . وهي خاصية انعدام المقاومة الكهربائية في بعض المعادن عندما تقترب درجة حرارتها من الصفر المطلق . هذه المجالات المغنطيسية الضخمة تفتح مجالاً للأمل في الحصول على وسائل لرفع الاثقال كهرطيسياً وعلى اشكال جديدة من المحركات والمولدات تعطي مردوداً عالياً بأكلاف متدنّية .

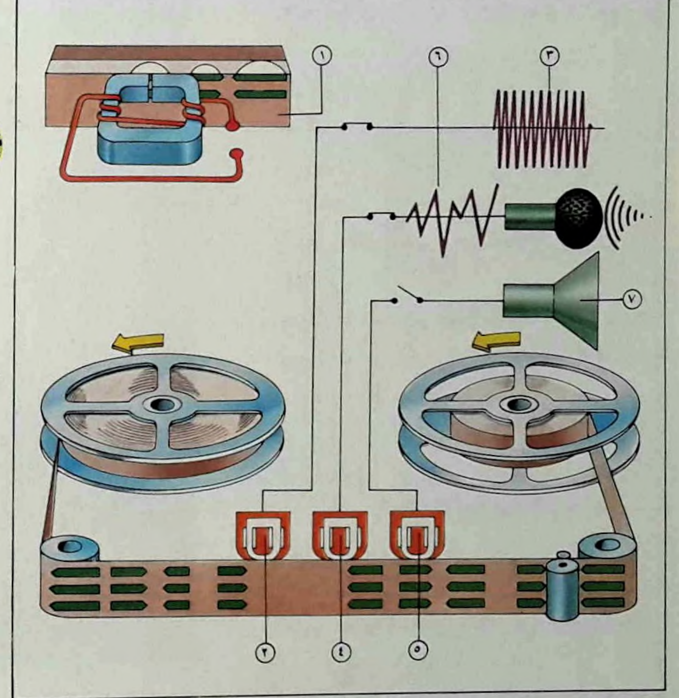
أوجه استعمال المغنطيسات

المغنطيسات الدائمة والمغنطيسات الكهربائية هي النوعان الرئيسيان للمغنطيسات المستعملة في مختلف الاجهزة، من الجرس الكهربائي الى المحركات والديناموات وآلات قياس السرعة وما شابهها · تحتفظ المغنطيسات الدائمة بمغنطيسها بصورة غير متقطعة، وهي اجمالاً مصنوعة من سبائك اساسها الحديد · تتألف المغنطيسات الكهربائية من ملف من السلك (يلف السلك أحياناً حول قلب حديدي ليّن)، وهي تكون ممغنطة فقط عندما يجري في الملف تيار كهربائي ·

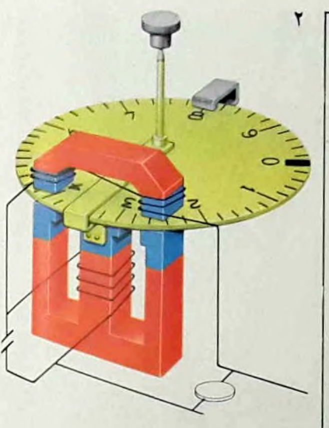
المجال المغنطيسي

امكانية اضعاف المجال المغنطيسي (أو

١



٢



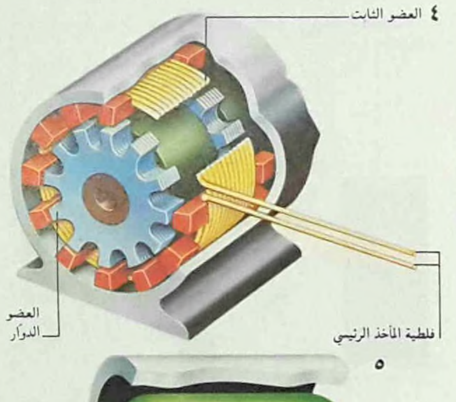
(١) — احدث تطوير الاكسيد المعدني المغنطيسي ثورة في صناعة تسجيل الصوت · يلصق مسحوق الاكسيد المعدني على شريط بلاستيكي ليّن (١) بحيث يصبح الشريط مساحة متحركة يمكن أن تطبع عليها أو تحفر فيها اشكال مغنطيسية تمثل اشارات صوتية أو ضوئية أو غيرها · تستعمل هذه الاشرطة في آلات مكونة من ممحاة معدنية (٢) ذات طاقة عالية التردد (٣) لإزالة مغنطة الشريط عندما يمر بها ومن مسجّلة (٤) وآلة للاستعادة (٥) · مهمة المسجّلة ان تمغنط الشريط وفقا للاشارة المقصود تسجيلها (٦)، ومهمة آلة الاستعادة ان تعيد تحويل الانماط المغنطيسية المسجلة سابقا الى الاشارات الاصلية (أي انتاج الصوت المسجل) (٧) · عملية الستيريو أو « تسجيل الصّوت المجسّم ». أو التسجيل على خط مزدوج . تجمع بين المسجّلة وآلة الاستعادة، وتدمجهما معا، جاعلة منهما آلة واحدة · عند استعادة

قطعه) تستخدم لصنع عدد من الاجهزة المهمّة التي يكون الحصول عليها بطرائق أخرى صعباً أو باهظ الكلفة · لا يمكن قطع المجال في المغنطيس الدائم بدون تعطيله ، الا أنه من الممكن تحويل اتجاهه فقط ·

القابضة المغنطيسية (٧) هي أفضل مثل على تحويل اتجاه المجال المغنطيسي · انها جهاز لشدّ المعادن الحديدية بإحكام الى طاولة الشغل ·

تحتوي القابضة على عدد من القضبان المغنطيسية مثبتة على سطح لوحة معدنيّة قابلة للتحريك . تكون فيها الاقطاب الشمالية والجنوبية للقضبان متجهة رأسياً · تتكون اللوحة المعدنية من مادة خصائصها المغنطيسية ضعيفة ، وتركّب عليها اقطاب المغنطيسات متعاكسة الاتجاه (الشمالي والجنوبي) بالتناوب ومفصولة بعضها عن بعض قليلاً · توضع لوحة معدنية ثانية فوق مجموعة

٣



٥

اخراج الصوت ، يعطل عمل المحاة ، ولتجنب المحو العرضي تُجهّز أكثر آلات التسجيل بجهاز آلي مخصص لهذا الغرض ·

(٢) ـ الكهرطيس مستعمل ايضاً في الجهاز الذي يقيس الكهرباء المنزلية ـ كمية الكهرباء المستهلكة ـ بالواطات في الساعة · فعندما يكون التيار مفتوحاً ، فأنه يمر في ملفات تنشّط مغنطيسات من شأنها أن تدير قرصا يكون متصلاً بعدّاد يعطي عدد الكيلوواطات بالساعة ·

(٣) ـ يمكن تعليق جهاز من المغنطيسات الدائمة مثبت على صحيفة معدنية متحركة فوق مجموعة ثابتة من المغنطيسات · اذا كانت للصفيحة سكة دليلية تمنع الحركة الجانبية ، فبالامكان استعمال هذا الجهاز لنقل حمولات ثقيلة داخل مصنع أو في منطقة يكون بناء « طريق » مغنطيسي فيها ملائماً · الفائدة هنا ، بالمقابلة مع وسائل النقل الاخرى التي تستخدم السكك الحديدية ، هي غياب الاحتكاك بين القطع المتحركة ·

(٤) ـ الدّوار المستقطب مغنطيسيا عنصر اساسي لاجهزة التوقيت الحديثة والتجهيزات المماثلة · المحرّكات التي تعمل على الكهرباء المأخوذة من الخط الخارجي الرئيسي تدور بسرعة محددة بدقة ، وذلك لأن تردّد التيّار يكون ثابتاً ومحدّداً بدقّة في محطة التوليد · تستعمل المغنطيسات في الجزء الدوّار من المحرّك (غالباً ما تكون مغنطيسات دائمة لسهولة الصنع والوثوقيّة) لضمان دورانه تماماً بالسرعة المطلوبة · يصنع الجزء الدوّار من طبقات رقيقة من فولاذ السيليكون تلتصق معا لتكوّن اسطوانة ، وتمغنط النتوءات لتكوّن اقطاباً ·

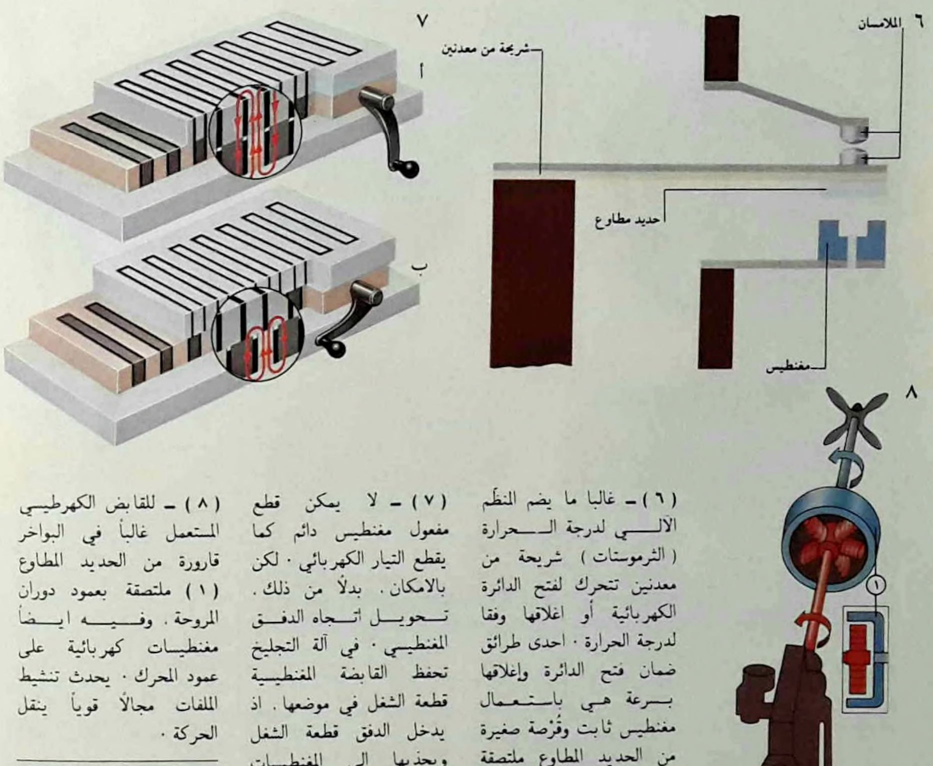
(٥) ـ للمفتاح الكهربائي اللساني ، المستعمل كمفتاح أمان وفي العدّادات الالكترونية ، ملامس توضع ضمن غلاف زجاجي لحمايتها من التآكل · لا بد من مغنطيس لفتح الملامس وإغلاقها ·

المغنطيسات . تكون فيها قطع حديدية مطاوعة تتناظر مواقعها مع مواقع المغنطيسات المثبتة في اللوحة الاساسية .

عندما توضع قطعة الشغل على اللوحة العليا ، يجري الدفق المغنطيسي الدائر بين القطع الحديدية المطاوعة والمغنطيسات الرئيسية في القطعة . فتنجذب الى المغنطيسات وتثبت في موضعها . يكفي ازاحة اللوحة السفلى أفقياً . فيلغى التناظر بين اقطاب المغنطيسات وقطع الحديد الموجودة في اللوحة العليا . فينحرف الدفق المغنطيسي عن قطعة الشغل تاركاً إيّاها طليقة .

المغنطيسات في السكك الحديدية

كثيراً ما تستعمل سكك الحديد نظاماً لتأمين السلامة يقوم على التعاون بين المغنطيسات الدائمة والكهربائية . يركّز مغنطيس دائم قويّ قريباً من الخط على



(٦) ـ غالبا ما يضم المنظّم الآلـــي لدرجة الـــحرارة (الثرموستات) شريحة من معدنين تتحرك لفتح الدائرة الكهربائية أو اغلاقها وفقا لدرجة الحرارة . احدى طرائق ضمان فتح الدائرة وإغلاقها بـسرعة هـي باسـتـعـمال مغنطيس ثابت وقُرْصة صغيرة من الحديد المطاوع ملتصقة بذراع التلامس المتحرك . عندما تبدأ الشريحة المعدنية بالالتواء . تنجذب بسرعة الى المغنطيس أو تنفلت فجأة منه .

(٧) ـ لا يمكن قطع مفعول مغنطيس دائم كما يقطع التيار الكهربائي . لكن بالامكان . بدلاً من ذلك . تـحويـل اتـجاه الدفـق المغنطيسي . في آلة التجليخ تحفظ القابضة المغنطيسية قطعة الشغل في موضعها . اذ يدخل الدفق قطعة الشغل ويجذبها الى المغنطيسات (أ) . عندما يحوّل الدفق عن القطعة . تعود طليقة وحرة التحرك (ب) .

(٨) ـ للقابض الكهرطيسي المستعمل غالباً في البواخر قارورة من الحديد المطاوع (١) ملتصقة بعمود دوران المروحة . وفـيـه ايـضاً مغنطيسات كهربائية على عمود المحرك . يحدث تنشيط الملفات مجالاً قوياً ينقل الحركة .

(٩) ـ من الصعب اجمالاً قراءة الاعداد على أجهزة قياس كميّة الكهرباء . النوع الظاهر هنا يشكو من علّة . هي أن

مسافة مدروسة من الإشارات . عندما تمّر عربة القطار الاولى فوق هذا المغنطيس ، يؤثّر ذلك في قضيب مغنطيسي دائم يدور على محور في عربة القطار، فيتأرجح بزاوية صغيرة ثم يستقر في وضعه الجديد . حركة القضيب المغنطيسي هذه تفتح التيار الكهربائي . فيرنّ جرس تنبيه صاخب ، إنذاراً بالخطر . بعد بضع ثوان . تمر العربة فوق كهرطيس موصول بالاشارات ؛ فاذا كانت الاشارات تدل على ان الطريق « سالكة » . ينشّط الكهرطيس فيحرّك القضيب المغنطيسي في العربة ويعيده الى موقعه الاصلي . فينقطع صفير الخطر . لكن اذا اعطت الاشارات علامة : « قف » أو « احترس » . فلا ينشّط الكهرطيس . وبعد فترة قليلة مدروسة تعمل المكابح آليا ومن تلقاء ذاتها . اذا قصّر السائق عن ضغطها . فتقف العربة في مكانها. تنشّط الدائرة الكهربائية الخاصة بتوقيت عمل المكابح (وكذلك التنبيه الصوتي) ابتداءً من اللحظة التي يتحرك فيها القضيب المغنطيسي في العربة . فإذا رجع القضيب الى موقعه الاصلي ، لا تعمل المكابح فتواصل العربة سيرها .



٩

الارقام التي تمثّل الأعداد الكبيرة (الى اليسار) تدور ببطء فتسبب ابهاماً في القراءة . لكن الشكل المعدل للآلة ، الذي اخترعه فزانتي ، يحتوي على مغنطيس صغير ملتصق بكل دولاب خلف الرقم ٧ . وعلى قضيب مغنطيسي مثبت فوق الدواليب كما يظهر في الشكل . فعندما تدور الدواليب من ٩ الى **صفر** ، يحدث التجاذب المغنطيسي تغيُرا سريعاً للأرقام . يستثنى من هذا الترتيب دولاب الرقم الاكبر . لأنه عندما يعود الى **الصفر** . تعود جميع الدواليب الى **الصفر** ايضاً .

آلات القياس والطب

هنالك ظاهرة كهربائية تتعلق بالمجالات المغنطيسية . هي التيّار الدوّامي . فعندما تكون حركة نسبية قائمة بين موّصل كهربائي (ليس ضرورياً أن يكون ذا خصائص مغنطيسية) ومجال مغنطيسي . فإن ذلك يستحثّ تيّارات دوّامية . هذه بدورها تولّد مجالاً مغنطيسياً ذا قطبية معاكسة . فيسبب التجاذب بين الاقطاب المتعاكسة ميلا لدى الموّصل والمجال المغنطيسي الاصلي للتحرك معاً . ما دامت الحركة مستمرة . هذا المبدأ هو في اساس جهاز قياس سرعة السيارة . وفي جهاز قياس استهلاك الكهرباء في المنازل (٢) .

تستعين العلوم الطبّية ايضاً بالمغنطيسات القويّة . تجرى الآن اختبارات في تسيير « حبوب » في الجسم بواسطة المغنطيس . تُدخَل الى الجسم إما بالفم أو بالعِرق .

المحوِّلات والمحرّكات والديناموات

المحوّل ، وهو من الآلات الكهربائية الاساسية ومن اكثرها فعالية . يستعمل على نطاق واسع في عملية الامداد بالكهرباء ٠ ففي محطات التوليد ، مهمته زيادة التوتّر ، تسهيلاً لنقل الطاقة على خطوط التوتّر العالي ؛ كما يعمل في محطات التوزيع لتخفيف التوتّر الى مستويات مناسبة للاستهلاك الصناعي او المنزلي ٠ يدخل ايضا في تطبيقات كهربائية عدة (كالراديوات واجهزة التلفزيون وشاحنات الحاشدات ، حيث تدعو الحاجة الى توتّرات تكون مختلفة عن التوتّر الرئيسي الصادر عن محطة الكهرباء الاساسية ٠

المحرّكات والمولّدات

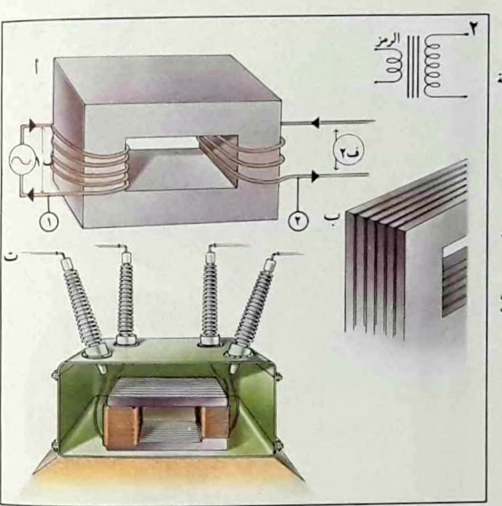
للمحوّل عنصران رئيسيان ، كهربائي

١

ملفّات مقطوعة

العضو الدوّار

قفص السنجاب



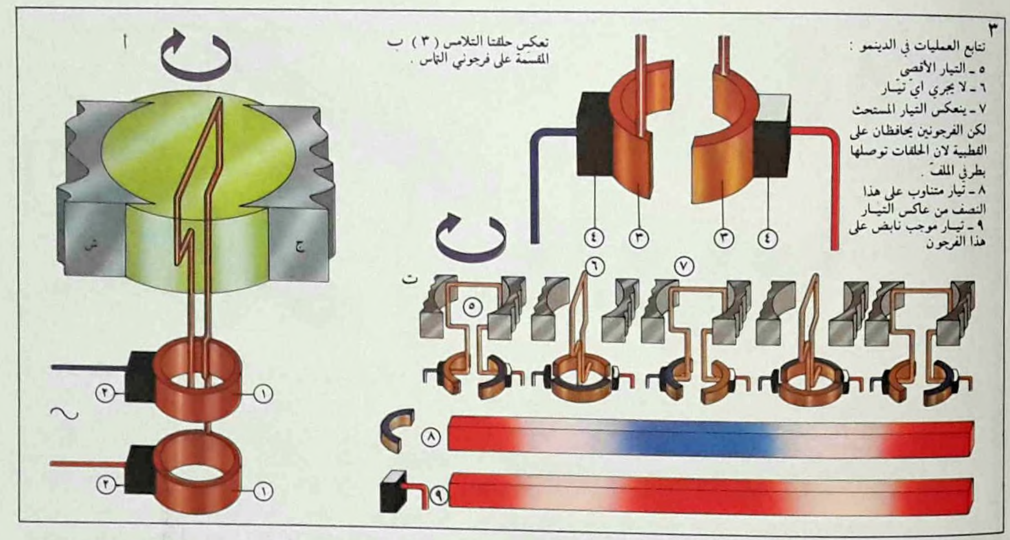
(١) ـ محرّك الحث هو احد المحرّكات الاكثر استعمالا ٠ اليك كيف يصنع ، يُستبدل ملف عضو الانتاج في آلة بسيطة تعمل على التيّار المستمر « بقفص سنجاب » ٠ يكون القفص مكوّنا من قضبان من الالمنيوم أو النحاس متّصلة بعضها ببعض بحلقات . ويثبت الكل في عضو دوار رقائقي من الحديد المطاوع ٠ يعطى لمولّد المجال (المكوّن من ملفّين على الاقل موضوعين في هيكل المحرّك) شكلا يسمح للعضو الدوّار بالدوران في داخله مبتعدا عنه بفسحة صغيرة ٠ تقطع خطوط الدفق ، الناجمة عن تيّار متناوب يمرّ من خلال المجال ، قضبان القفص وتحث فيها تيّارا ٠ من هنا الاسم ، « محرّك الحث » ٠

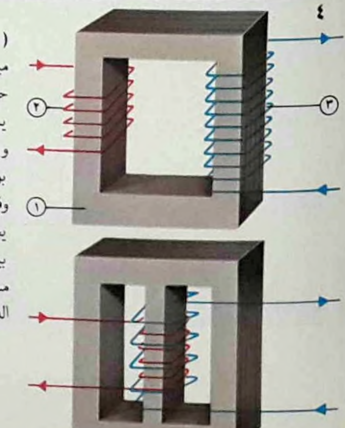
(٢) ـ في المحوّل (أ) يتّصل تيار الدخول (او الاوّلي) (١) بتيار الخروج (او الثانوي) (٢) ، بتوليد خطوط الدفق المغنطيسية في القلب الحديدي ٠ عندما يتناوب التيار ، تنهار خطوط الدفق ، ثم تتكوّن مجدّدا بالنمط ذاته ، لكن بقطبيّات مختلفة . فتستحثّ ملفّ الخرج مولّدة توتّرا فيه ٠ نسبة توتّر الدخول الى توتّر الخروج ف١/ف٢ تساوي نسبة عدد اللفّات في ملفّات الدخول الى عددها في ملفّات الخروج ٠ يصنع القلب الحديدي من الرقائق (ب) لتخفيف التيّارات الدوّامية . كما تعزل مخارج محوّل التوتّر العالي (ت) لمنع حدوث شرارة عَرَضية ٠

ومغنطيسي . موصولان بقلب رقائقي من الحديد المطاوع (٢ ، ٤) الذي تبلغ فعاليته ٩٨ ٪ . وليس فيه اجزاء متحركة · اما المحرّكات والديناموات ، فأنها مكوّنة من اجزاء متحرّكة دورانيًا ، لذلك لا يمكن ان تكون لها فعالية المحوّلات ·

بناء المحرّكات والديناموات (او المولّدات كما يسمّونها اليوم اكثر فاكثر) هو متشابه اساسا . رغم اختلاف وظيفتهما · فالمحرّكات تأخذ قدرة كهربائية لتعطي قدرة ميكانيكية ، بينما هو العكس في المولّدات · لكن من المهم ان يبقى حاضرا في الذهن انهما متشابهان لدرجة ان بعض الآلات قادرة على العمل كمحرّكات او كمولّدات حسب امدادها بالكهرباء او بالقدرة الميكانيكية ·

العنصران الرئيسيان في كل من هاتين الآلتين هما المجال والدرع او عضو الانتاج · المجال هو مجال مغنطيسي . يمكن الحصول





(٣) ـ تولّد الكهرباء ميكانيكيا عندما يُدار ملفّ في حقل مغنطيسي (أ) · عندئذ يستحثّ توتّر متناوب في الملفّ ويتصل بالدائرة الخارجيّة بواسطة حلقات تلامس (١) وفرجونات فحمية (٢) · يجري التيار عندما تبنى دائرة بين الفرجونات · لإنتاج تيار مستمر (كما في الدينامو الدوري) يتم تعديل المولّد (ب) · فتقسم كل من حلقات التلامس الى جزئين (٣) يُعزل احدهما عن الآخر · ثم يقوم زوج من الفرجونات (٤) بملامسة هذه الاجزاء بالتتالي · تسمّى المجموعة المرتّبة من الاجزاء « مبدّلا » · تتابع العمليات (٥ ـ ٩ من الرسم) يصف كيفية عمل الدينامو الدوّري ·

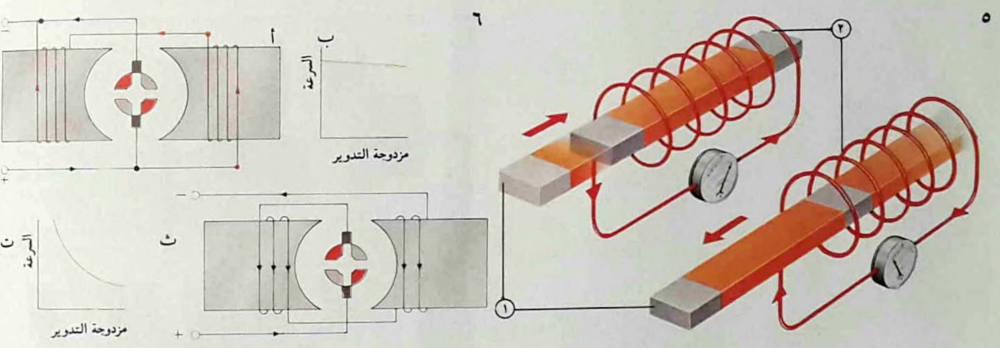
(٤) ـ المحوّل . وهو وسيلة بسيطة وفعّالة لرفع توتّر متناوب او تخفيضه . يتألف من ثلاثة عناصر اساسية : قلب حديدي (١) يؤمّن الاتصال المغنطيسي بين ملفّ دخلي او اولي (٢) وملفّ خرجي او ثانوي (٣) · تحدّد نسبة اعداد اللفّات بين الدخل والخرج النسبة بين التوتّر المتناوب « المحوّل » والاصلي ·

عليه من مغنطيس دائم او من مغنطيس كهربائي · الاوّل اقل كلفة . لكن الثاني اكثر ملاءمة . لأنه من السهل زيادة قوّته او انقاصها بتنشيط المجال كهربائيا ·

كيف يعمل عضو الانتاج الكهربائي

عضو الانتاج هو ايضا نتاج اللفّ . لكنه مرتّب ترتيبا يختلف عن ترتيب المجال · فهو . اساسا . موصّل (او مجموعة موصّلات) مرتّبة بحيث تقطع خطوط الدفق المغنطيسية للمجال بزوايا قائمة · يسمّى الجزء الساكن من الآلة « العضو الساكن » والجزء المتحرّك « العضو الدوّار » · من الممكن ان يكون كل من المجال وعضو الانتاج اما العضو الساكن او العضو الدوار ·

بموجب احد المبادىء الاساسية للكهرطيسية . يستحثّ المجال المغنطيسي توتّرا في موصّل يتحرّك فيه . ويتعرض الموصّل



(٥) ـ يمكن توليد الكهرباء بواسطة مغنطيس وموصّل كهربائي وحركة نسبية · عندما يحرّك المغنطيس (١) . تقوم خطوط الدفق المحيطة به بقطع الملفّ (٢) . فتخلق توترا فيه يتطابق مع الحركة · كلما كانت الحركة سريعة . كان التوتر المستحثّ عالياً · تحدث التحركات المتعاكسة توتّرات متعاكسة · وعندما يتم ادخال المغنطيس في الملف واخراجه مراراً متتالية . يجري التيار بين طرفي الملف في اتجاه معيّن أولاً . ثم في الاتجاه المعاكس · وذلك مراراً عدة . اي يكون التيّار متناوباً . ويسمّى المولد في هذه الحالة منوّبا .

(٦) ـ تشبه المحرّكات الكهربائية المولّدات من حيث المبدأ · فالتيّار الذي يزوّد به كل من عضو الانتاج او الملف والمجال الكهرطيسي يجعل عضو الانتاج يدور · واذا وصلنا ملفّات المجال مع عضو الانتاج بالتوازي (أ) . نتجت عن ذلك سرعة ثابتة تقريبا . ايا كان عزم الدوران (ب) . لكن اذا وصلناها بالتتالي (ث) . نحصل على عزم عال (ت) بسرعات منخفضة . كما في المحرّكات التي تدفع بالقطارات الكهربائية الى البدء بالتحرك .

(٧) ـ في محرك خطّي . يتحرّك « العضو الدوار » باتجاه الطول بدلا من الدوران · فهو صفيحة مسطّحة موضوعة بين مجموعتين طويلتين من لفّات مجال او ملقاة على مجموعة واحدة منها · عندما تنشّط المجالات بتيّار متناوب . تدفع بالصفيحة الى التحرّك باتّجاه خطي استنادا الى المبادىء ذاتها الذي يقوم عليها محرّك الحثّ . (أ) مما يسمح بوصف المحرّك الخطّي بأنه محرّك حثّ قُطع (ب) اوّلا ثم فُتح ومُدّد (ت) .

(٨) ـ يمكن استعمال محرّك خطي كبير (تظهر لفّات مجاله هنا) لتسيير قطار صامت بدون دواليب · تستعمل الآن محرّكات صغيرة من هذا النوع . كالتي تستعمل مثلا في فتح الابواب المنزلقة واغلاقها · يُثبّت عضو الانتاج (او اللوحة المعدنية) . وهي عادة من الالمنيوم . على القسم الاعلى من الباب . بينما تُثبّت اللفّات على هيكل الباب · عندما يُنشّط المجال . تتحرك اللوحة افقيا باتجاه المجال . وبذلك تُحرّك الباب ·

الموجود في حقل مغنطيسي لقوّة . ويتحرك عندما يمر فيه تيار · للحصول على افضل استعمال لهذا الاثر الاساسي . يتوجب على العنصرين المغنطيسي والكهربائي في الآلات الكهربائية (المجال وعضو الانتاج) ان يتفاعلا بأكثر الطرائق الممكنة فعالية ·

يجب امداد عضو الانتاج بتيار (بواسطة ملامس دورانيّة) . اذا كان هو العضو الدوّار لمحرّك ؛ كما يجب ايجاد طريقة لأخذ التيار منه اذا كان في مولّد · ينطبق الامر ذاته على المجال اذا نُشِّط كهربائيا ·

يمكن للملامس الدورانيّة أن تنظم . أما بشكل حلقات انزلاق أو بشكل مُبَدّلات (٣) تدور تحت ملامس ثابتة . تسمّى الفِرجَوْن . مصنوعة من الفحم ومثبتة في موضعها بواسطة نابض · يجب ابدال الفرجون من وقت لآخر عندما يبرى الفحم ·

تغيير المجال

يزوّد كل من مجال المحرّك وعضو الانتاج فيه بتيار · ويمكن تغيير قوة المجال باستعمال مقاوم كهربائي في دائرته · يسبب اضعاف المجال دورانا اسرع للمحرك (شرط ثبات تيار عضو الانتاج) . لكن عزم التدوير يكون اخف . والعكس بالعكس (٦) · اما زيادة قوة المجال . في مولّد يدور بسرعة ثابتة . فانه يزيد في انتاج التوتّر . بينما اضعاف المجال يُنقص منه ·

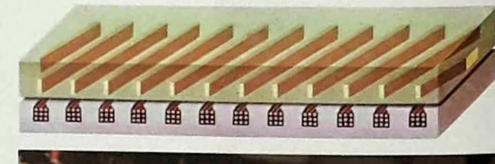
المحرّكات والمولّدات التي وصفناها حتى الآن تصلح اجمالا للتيار المتناوب او التيار المستمر على السواء · لكن هنالك مجموعة من الآلات تصلح فقط للتيار المتناوب . وهي محركات الحث . التي يكون فيها عضو الانتاج هو العضو الدوار الملفوف او المصنوع بشكل « قفص السنجاب » (١) · يستمد هذا القفص تياره من الدفق المتغيّر دائما والمنبعث من المجال الذي ينشّطه التيار المتناوب · المجال الاكثر بساطة يتكوّن من ملفّين · عندما يصبح احدهما قطبا مغنطيسيا شماليا . يصبح الثاني جنوبيا . وذلك بعكس الآلات العاملة على تيار مستمر . حيث تكون قطبيّات المجال ثابتة ·

٧ أ

ب



ت



٨

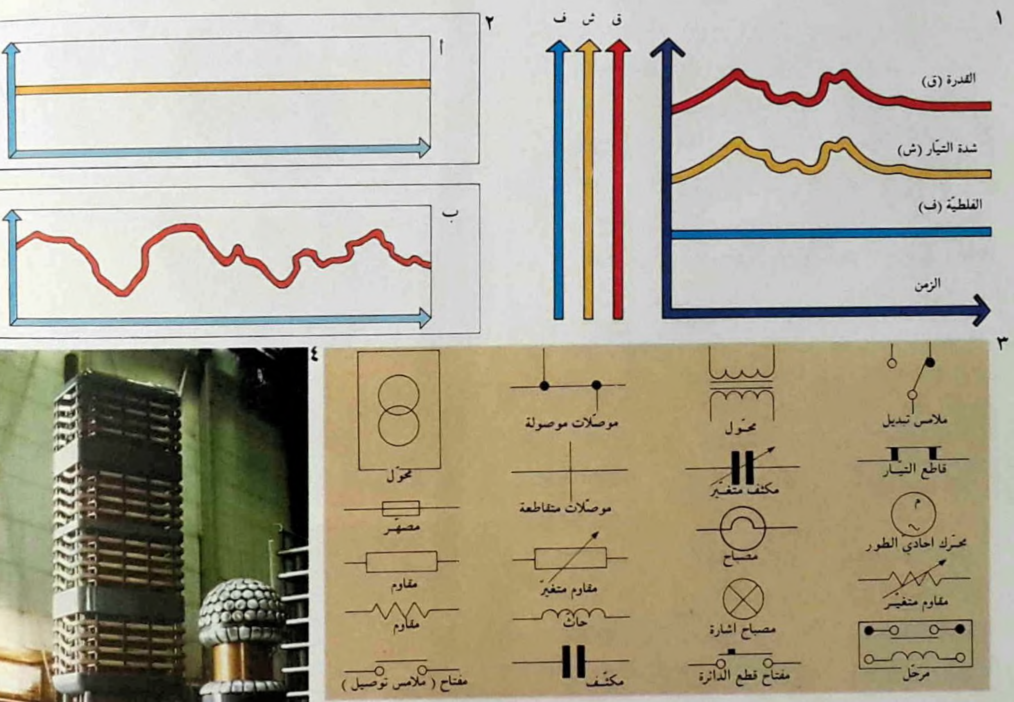


التيار المستمر

الدائرة الكهربائية هي النظام الذي يتمّ فيه توجيه التيار الكهربائي وضبطه وتعديله ووصله وقطعه . تحتوي الدوائر على عدد متفاوت من المركّبات يتراوح بين اثنين او ثلاثة وبين مئات عدة من المركّبات ، وذلك وفقا للطريقة التي يراد بها التحكّم بالتيّار . لكن لجميع هذه المركّبات بعض الخصائص المشتركة .

تركيب الدائرة

الشرط الاوّلي للدائرة هو ان تشكّل طريقا مستديرا تامّا ، يسمح للإلكترونات بالتجوال داخل النظام بكامله وحوله ، بحيث يستطيع الكثير منها العودة الى مصدر



(١) — في الرسم ٦ متغيّرات كهربائية عديدة يتوقف بعضها على بعضها الآخر . يمكن الدلالة على طريقة ترابطها بتمثيلها على رسم بياني . (هنالك مقاييس مختلفة على المحاور العمودية . لكن المقياس على المحور الافقي ، اي مقياس الزمن ، هو واحد بالنسبة لجميع المتغيّرات الاخرى) . تظهر في الرسم ثلاثة من اكثر المتغيّرات اهمية : التوتّر وشدة التيّار والقدرة . تحدد البطارية التوتّر او الفلطيّة (ف) . واذا كانت بحالة جيدة ، فالتوتّر لا يتغيّر بصورة ملحوظة ، تتوقف شدة التيّار (ش) على

التيار الذي انطلقت منه · قد يبدو ان بعض الاحداث ، كالصواعق والصدمات الكهربائية ، لا تلتزم بهذا الشرط · الا انها مع ذلك امثلة عن دوائر كهربائية · يمكن تبديد هذا التناقض الظاهري باعتبار الارض ، بجميع البنيات التي عليها ، كخزان واسع للإلكترونات · فاذا احدثت الغيوم عدم توازن في الإلكترونات ، تعيد الارض التوازن بومضة برق ، وتكون النتيجة الاجمالية تعادل عدد الإلكترونات التي تترك الارض وعدد التي ترجع اليها ·

باستطاعة الذرّات المشحونة ، اي الايونات ، حمل التيّارات الكهربائية ايضا · فأيونات الملح المذاب او بعض المواد الكيميائية الاخرى تنقل التيّار بواسطة الإلكتروليت الى مغطس للطلاء الكهربائي ، كما تنقل ايونات الغاز الكهرباء الى المصابيح الفَلْوَريّة · لكن ايا كان حامل التيّار ، فجميع الدوائر تشترك

التوتّر وعلى مقاومة الجهاز الذي يغذّيه التيّار ، فقد تكون متغيّرة (كما في المحرّكات) او ثابتة (كما في المصباح) ، اما القدرة (ق) ، فتساوي حاصل ضرب التوتّر بشدة التيّار ، وتقاس بالواطات ·

(٢) – إحدى طرائق فحص التيّار المستمر هي قياس كيفية تغيّره في فترة محدّدة من الزمن · يظهر في الرسم البياني (أ) تيّار كالذي يعطيه مولّد لمصباح ، وهو لا يتغيّر خلال الفترة التي فيها يؤخذ قياسه (يمثّل الخط العمودي التيّار بينما يمثّل الخط الافقي الزمن) · ويظهر الرسم (ب) تيّارا مستمرا كالذي يعمل في دائرة اللحام ، حيث يتغيّر مع الزمن رغم ان قيمته تظلّ دائما موجبة ·

(٣) – على الرسوم التي يستعملها المهندسون وغيرهم من العاملين في صناعة الكهرباء ان تكون واضحة للقارىء بقطع النظر عن لغته · هذه الرموز (الرسم) هي نماذج عن مئات الرموز المستعملة ·

(٤) – كثيرا ما يكون استعمال التيّار المستمر العالي التوتّر اقل كلفة عند نقل كميّات كبيرة من القوّة الكهربائية · لم يصبح من الممكن الا في السنوات القليلة الماضية قطع هذا التيّار ووصله بصورة يمكن الركون اليها · يعمل الثايريستور الظاهر في الرسم كمفتاح كهربائي على اساس المبادىء ذاتها التي تعمل على اساسها الترانزستورات المستعملة في الراديوات · بسبب وجود محطّات توليد الكهرباء بعيدا عن المراكز السكنيّة ، يزداد استعمال التيّار المستمر العالي التوتّر بدلا من التيّار المتناوب ·

(٥) – يظهر في مخطّط الدائرة (أ) نظام كهربائي (ب) نموذجي مبسّط للنوع المستعمل في التجهيزات المستمدّة طاقتها الكهربائية من البطارية · هنالك مفاتيح لضبط جريان التيّار في ثلاثة خطوط يؤدي واحد منها الى مصباح والآخران الى جهازين يحتويان على محرّكات كهربائية ·

في خصائص ثلاث : تيّار (ت) توتّر او فلطيّة (ف) ومقاومة (ق) .

لتوضيح كيفية تحرّك الإلكترونات (واستعمال التيّار المستمر ذي التوتّر العالي) نأخذ كمثل خط نقل الكهرباء الممتد بين سد كابورا باسّا في الموزمبيق ومدينة ابولو في افريقيا الجنوبية التي تبعد عنه حوالى ٥٠٠ كلم . هنالك خطّان لحمل التيار . احدهما يأخذ الإلكترونات الى ابولو . والآخر يعيد العدد ذاته الى كابورا باسّا . اذا انقطع احد الخطين « تحلّ محلّه » الارض ذاتها وتنقل الإلكترونات في الاتجاه المناسب .

بطريقة مماثلة . تستعمل احيانا هياكل السيارات « كأرض » او كدائرة ارجاع .

التيّار المستمر والتيّار المتناوب

تختلف اختلافا عمليا رئيسيا الاجزاء

٦



٧



(٦) ـ المولّدات الكهربائية آلات تعمل اما بالتيّار المستمر او بالتيار المتناوب . لا ينجم التيّار في آلات التيّار المستمر عن تفاعل مواد قابلة للنفاد كالعمليات الكيميائية . لذلك فهو اكثر ثباتا من التيّار الناجم عن المصادر الكيميائية . المولّدات الضخمة . كالتي في الصورة . تعطي تيّارا متناوبا يتميز بانعكاس دوريّ سريع لاتجاه انسياب الإلكترونات . في انظمة التيّار المتناوب . تهبط شدّة التيّار الى الصفر . كلما انعكس اتجاه الانسياب .

(٧) ـ اللحام هو عملية جمع معدنين بترابط قوي . يكون غالبا اقوى من المعدنين ذاتهما . يمكن استعمال تيّار شديد (قد يصل الى ٢٠٠٠ امبير) بتوتّر منخفض لتوفير الحرارة اللازمة لصهر احد اجزاء المعدن . يمر التيّار بشكل قوس من إلكترود معزول في يد عامل اللحام ويدخل قطعة الشغل من خلال فرجة هوائية . يوصل الجسم المطلوب تلحيمه بأحد طرفي مصدر التيّار . بينما يوصل إلكترود اللحام بالطرف الآخر . اجمالا . يستعمل التيّار المستمر في اللحام الكهربائي . ويتم توليده من اجهزة خاصة قادرة على تزويد التيّار بالشدة .

٨



المقومة للدائرة (رغم عدم وجود اختلاف من حيث المبدأ) حسب استعمالها في تيّار مستمر او في تيّار متناوب · فالتيّار المستمر يجري في اتجاه واحد وتنساب الإلكترونات فيه دائما في هذا الاتجاه ذاته . رغم انها قد تتوقف او تنطلق مجددا او قد يزداد عددها او ينخفض ، فهي لا تعكس اتجاه سيرها ابدا · يفترض في اتجاه جريان التيّار (بعكس اتجاه انسياب الإلكترونات الذي هو ضد الاتجاه الاصطلاحي لجريان التيّار) ان يكون ، اصطلاحا ، من الطرف الموجب الى الطرف السالب · في مولّدات التيّار المستمر والبطاريات وبعض المصادر الاخرى ، ان ما يحدد طبيعة الطرفين هو طبيعة الآلة او الجهاز ، والطرفان غير قابلين للتعاكس ·

الخليّة الكيميائية اي البطارية ، التي هي اكثر مصادر التيّار المستمر شيوعا ، هي اصلح مثل على ذلك · فطبيعة المواد الكيميائية فيها هي التي تعيّن قطبية الجهاز ، وجريان التيّار يحدث دائما في الاتجاه الواحد ، رغم تقلبات التيّار الخارج منه · وينطبق الامر ذاته على مولّد التيّار المستمر (الدينامو) ، لأن بنية الآلة هي التي تحدد القطبية · هناك جهاز آخر ، معروف باسم المقوّم ، له قطبية ثابتة ايضا · يستعمل المقوّم لتحويل التيّار المتناوب الى تيّار مستمر · وبقطع النظر عن تقلّبات تيّار الدخل ، فاتجاه التيّار عند اطراف الخروج يبقى دائما هو ذاته ·

التيّار المتناوب هو اكثر استعمالا ، رغم ان التيّار المستمر هو اكثر ملاءمة ، اذ هناك بعض الحالات التي لا يمكن استعمال التيّار المتناوب فيها · ففي الطلاء الكهربائي مثلا ، يستعمل التيّار المستمر · كذلك ، لا بد من استعمال التيّار المستمر في عملية اعادة شحن البطاريات (٨) ·

يفضَّل ايضا التيّار المستمر في انظمة نقل الكهرباء لمسافات بعيدة ، لأنه يتطلّب عزلا اقلّ ويستعمل موصّلات اقل ضخامة من التي يستعملها التيّار المتناوب ·

(٨) ـ تنطلق عن الخلية او البطارية الإلكترونات سائرة حول الدائرة الكهربائية كنتيجة لتفاعلات كيميائية · تدعى خاصّية الإلكترون هذه ، اي سيره في اتجاه واحد ، تيّارا مستمرا ، حتى ولو تغيّرت طاقة هذا التيّار بكميات كبيرة او توقف تماما بين وقت وآخر · يتوقف التيّار عن الجريان في خليّة اوليّة حالما يتم استهلاك احدى المواد الكيميائية أو أحد الإلكترودات فيها · يمكن اعادة شحن الخليّة الثانوية او المركم ، وهي غالبا ما تطلق عند ذاك فقاقيع غازيّة كالتي تظهر في الصورة ·

(٩) ـ كان طلاء المعادن بالكهرباء من اوائل تطبيقات التيّار المستمر · لمحاليل بعض المواد الكيميائية خصائص كهربائية طبيعية تجعل من الممكن طلي السطوح المعدنية بطلاء رقيق ومتين من معدن آخر · في هذا المصنع الآلي للطلي تغلّف قطع السيارات بغطاء واق مصنوع من الكروم ·

٩



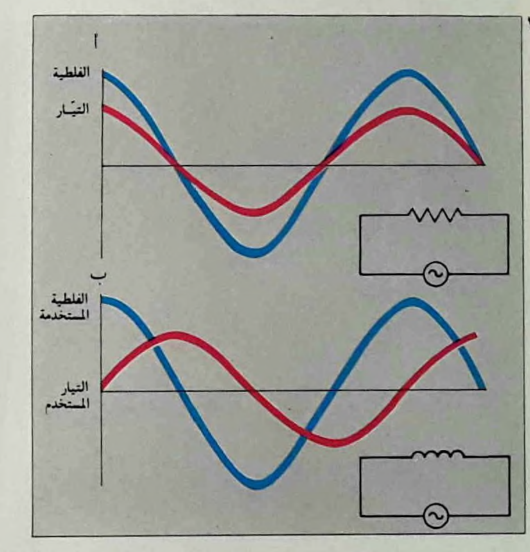
التيّار المتناوب

تختلف العمليات الفيزيائية في الدوائر الكهربائية الحاملة تيارا متناوبا عنها في دوائر التيار المستمر . وهذا ما يبرز الفروقات بين هذين النوعين من الكهرباء · فالتيار المتناوب يعكس اتجاهه بانتظام . هابطا الى الصفر قبل كل انعكاس . ويكون عنده تارة سالبا وتارة موجبا بالتناوب · اما التيار المستمر ، فهو يجري دائما في اتجاه واحد ·

موجة التيار ومقوّمات الدائرة

بامكان « موجة التيار » (الخط البياني الذي يمثل تغيّر شدته مع الزمن) ان تتخذ عددا لا محدودا من الاشكال · في اكثر الحالات يكون هذا الشكل جيبي التمام

١

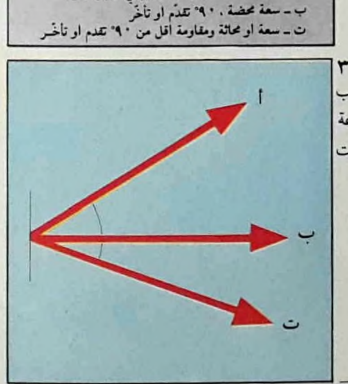


٢

أ
الفلطات
التيّار
معدّل القدرة
ب
التيّار
الفلطات
معدّل القدرة
ت
الفلطات
التيّار
معدّل القدرة

أ ـ مقاومة محضة ، فلطيّة ، وتيار في طور واحد
ب ـ سعة محضة ، ٩٠° تقدّم او تأخّر
ت ـ سعة او محاثة ومقاومة أقل من ٩٠° تقدم او تأخّر

٣

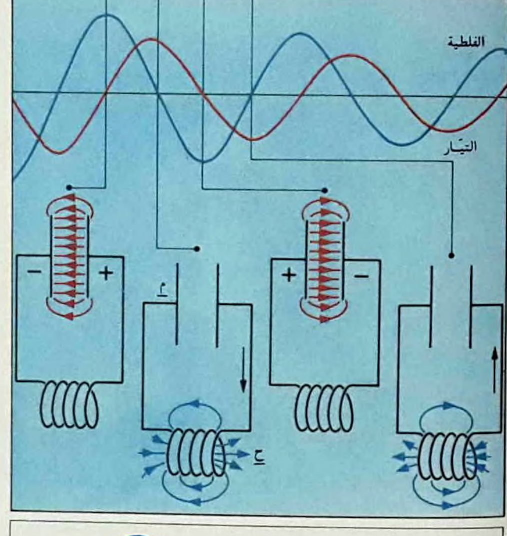


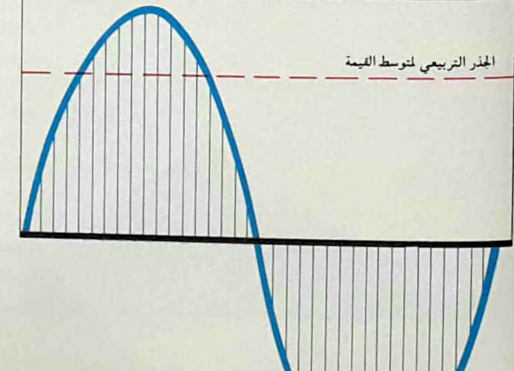
(١) ـ في الدائرة من دوائر التيار المتناوب التي لا تحتوي الا على مقاومة فقط (أ) . يكون التوتّر المستخدم والتيار الجاري في طور واحد . اي انهما يبلغان حدودهما القصوى والدنيا ونقاط الصفر معا في اللحظة ذاتها . مهما كانت سرعة تقلّب التوتّر · لكن اذا كانت الدائرة لا تحتوي الا على محثّ فقط . يكون التوتّر والتيار متفاوتي الطور · ففي هذه الدائرة (ب) يقال ان التيار يتأخر عن التوتّر او ان التوتّر يتقدم على التيار · ينطبق العكس على دائرة ليس فيها الا مكثّف . فالتيار يتقدم على التوتّر · فالمحثّ والمكثّف (بعكس المقاوم) يختزنان الطاقة ثم يطلقانها من جديد بطور يختلف عن طور الدخل . وهما بذلك يشبهان دواليب تنظيم السرعة في المحركات البخارية ·

(كموجة جيبية) (٥) ·

دورة التناوب تتكرر عددا من المرات في الثانية · هذا العدد يسمّى تردد التيار ويقاس بالهرتز (دورة واحدة في الثانية تساوي هرتزا) · اذا استخدم توتّر جيبي في دائرة ، فأنه يولّد تيارا جيبيا تساوي قيمته ، في كل لحظة خلال الدورة ؛ ف/معـ ، حيث **ف** تمثّل الفلطية او التوتّر وحيث **معـ** تمثّل المعاوقة · تتوقف المعاوقة على مقاومة الدائرة الكهربائية ومواسعتها ومحاثّتها وعلى تردد التيّار ، وهي تقاس بالاوم Ω · هذه المعادلة تشبه تلك التي تستعمل للتعبير عن قانون أوم القائل ؛ شدّة التيار المستمر الجاري في موصّل تتناسب طردا مع القوة الكهربائية الدافعة (التوتّر او الفلطية) التي تحدثه وعكسا مع المقاومة ·

هنالك انواع ثلاثة من الاجزاء تتركّب منها الدائرة الكهربائية ، هي المحثّات والمكثّفات والمقاومات · تعمل المقاومة





(٢) ـ القدرة في دائرة التيار المتناوب هي معدّل حاصل الضرب الآني للتوتّر بالتيار خلال فترة زمنية ثابتة · في دائرة المقاومة المحضة ، يكون للتوتّر والتيار الطور ذاته (أ) . وتعطى القدرة المهدورة بالصيغة ؛ **ف × ش** (اي التوتّر × التيار) · وفي دائرة التكثيف المحض يتفاوت الطور بين التوتّر والتيار بـ٩٠°. وترجع الدائرة الى المصدر كميّة من الطاقة تعادل الكميّة التي اخذتها منها (ب) · وهذا ينطبق ايضا على دوائر الحثّ المحض · لكن بما ان الدوائر لا تخلو ابدا من بعض المقاومة (ت) . فأنها تأخذ قدرة بموجب الصيغة **ف × ش × جتال** حيث يتراوح **جتال** (عامل القدرة) بين صفر و ١ بحسب زاوية الطور ·

(٣) ـ يظهر الرسم البياني للمتجهات العلاقة بين فروع التيار الثلاثة التي تجري في المكثّف والمقاوم والمحثّ · فقد تم رسم ثلاثة تيارات مع علاقات طورها بالتوتّر المستخدم . اصطلاحا ، بخطوط تمثّل اطوالها المقادير المختلفة للتيار (هذه الخطوط هي متجهات) ؛ فيقال ان (أ) تتقدم و (ب) لها طور التوتّر و (ت) تتأخر عن التوتّر ·

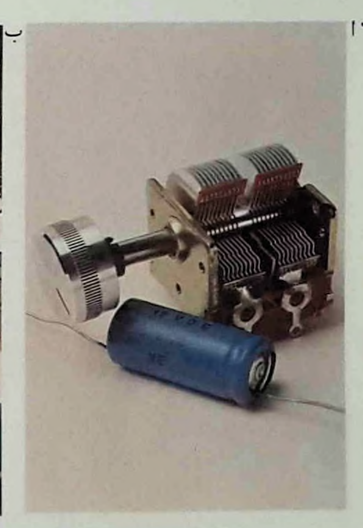
(٤) ـ يمكن لدائرة مركّبة من محثّ (ح) ومقاوم التوتّر ومكثّف (م) ان تحتوي على بعض توتّرات تكون متفاوتة الطور مع التيار العام · لكن يمكن للعناصر المتقدمة على الطور ان تبطل العناصر المتأخرة عنه عندما تكون الدائرة في حالة الرنين · تستعمل الدوائر الرنّانة في اجهزة الراديو ·

(٥) ـ يتغيّر التوتّر والتيار المتناوبين خلال دورة من الصفر الى القيمة القصوى الموجبة ومن الصفر الى القيمة الدنيا السالبة · لذلك فأن المعدّل خلال دورة كاملة يساوي صفرا · في هذه الحالة ، يصبح من الضروري استعمال ما يسمّى القيمة الفعّالة كقياس ·

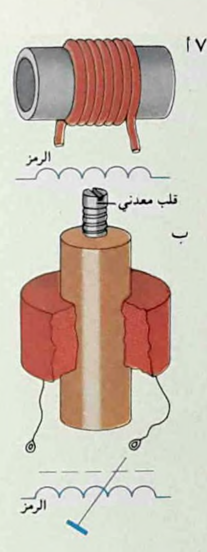
بالطريقة ذاتها في دوائر كل من التيار المستمر والتيار المتناوب ·

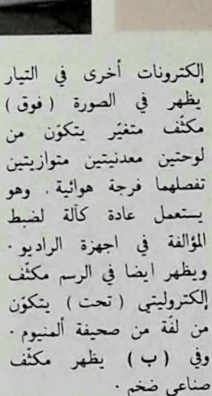
تقدم الطور وتأخره

هنالك مثال بسيط على تفاوت الطور بين التيار المتناوب والتوتّر، هو طريقة عمل اليويو حيث يمكن لليد التي تمد الكتلة بالطاقة التي تحركها ان تتحرك هي باتجاه معاكس لاتجاه تحرّك الكتلة · فالتيّار الذي يأخذه المكثّف متفاوت الطور مع التوتّر المستخدم : فهو يساوي صفرا عندما يكون التوتّر قد بلغ قيمته القصوى، والعكس بالعكس · يمكن تمثيل الموجات الجيبية بمتجهات تدور (المتجه هو كمية لها مقدار ومحور واتجاه) ؛ وفي رسم بياني للمتجهات، يكون تيار المكثف متفاوت الطور بـ °٩٠ عن التوتّر، ويقال في هذه الحالة انه متقدم عليه · العكس ينطبق على المحثّ المحض، اي









(٦) – المكثّف (أ)، وهو احد عناصر الدائرة، يستعمل بصورة رئيسية في دوائر التيار المتناوب (ولاسيما في التطبيقات الإلكترونية) · كل من اللوحتين المتوازيتين تختزن بدورها الإلكترونات عندما يتغيّر التيار · دور المكثّف هو الاحتفاظ بالإلكترونات في حالة توازن، وذلك بعدم السماح لها بالانطلاق الاّ بمعدّل وصول إلكترونات أخرى في التيار يظهر في الصورة (فوق) مكثّف متغيّر يتكوّن من لوحتين معدنيتين متوازيتين تفصلهما فرجة هوائية، وهو يستعمل عادة كآلة لضبط المؤالفة في اجهزة الراديو · ويظهر ايضا في الرسم مكثّف إلكتروليتي (تحت) يتكوّن من لفّة من صحيفة ألمنيوم · وفي (ب) يظهر مكثّف صناعي ضخم ·

(٧) – المحثّ (أ)، وهو احد عناصر الدائرة، يتألّف من ملف من الشريط · عندما يجري تيار في ملف، ينشأ مجال مغنطيسي تمر خطوط دفقه في هذا الملف · عدد هذه الخطوط وتوزيعها يتوقفان على تصميم الملف · بتغيّر التيار تتغيّر قوة المجال، فتزداد خطوط الدفق او تنقص، قاطعة لفّات الملفّ · هذا هو مبدأ مولّد الكهرباء الذي تتولّد فيه قوة كهربائية دافعة تقاوم تغيّرات التيار · يمكن تعديل فعّالية المحثّ بتركيب قلب حديدي ملولب في داخله او عليه من الخارج (ب) ·

---

(٨) – تعتمد الساعات الكهربائية، الموصولة بشبكة توزيع التيار المتناوب، على تردد هذا الاخير لاعطاء الوقت

ان التيار يكون متأخرا فيه عن التوتر بـ ٩٠°. يمكن التعبير عن ذلك بطريقة اخرى ، بأن نقول ان التوتّر في المكثّف يتأخر عن التيار بـ ٩٠°، بينما يتقدم عليه في المحثّ · في المقاومة يكون التيار والتوتّر في طور واحد اي متوافقي الطور (١) ·

في دائرة تحتوي على مكثف ومحثّ ولكن ليس فيها مقاومة ، يكون أحد التيارين متقدماً بتسعين درجة ومساوياً في المقدار للتيار الثاني المتأخر بتسعين درجة · المفعول الاجمالي هو ان الواحد يلغي مفعول الآخر بالطرح · عندما يحدث ذلك ، يقال ان الدائرة تتعرض لرنين التيار · في الواقع ، يغذي تيار المكثف المحثّ والعكس بالعكس ، لأن كلًا منهما يحتاج إلى التيار في اوقات مختلفة اثناء الدورة ·

فنحن هنا ، امام عملية متكررة من الإعارة والاستعارة ·



١٨ الصحيح · لذلك تعطي ساعة المطبخ (أ) الوقت ذاته الذي تعطيه الساعة الرئيسية التي في محطة التوليد (ب) · تخفيض التردد يجعل الساعة تتأخر ، والعكس بالعكس · بما ان عددا كبيرا من اجهزة التوقيت يعتمد اكثر فأكثر على تردد تيار الشبكة ، يستبقى هذا على قيمة ثابتة (٥٠ هرتزا في اوروبا عادة) فأي هبوط في التردد (يحصل عند ازدياد الطلب ازديادا كبيرا) ، يُعوَّض عنه تدريجيا بتعديل التردد · لكن نادرا ما يتغيّر التردد بأكثر من ٤ ٪ ·

ب

القيم المتوسطة والقيم الفعّالة

ان ما يحدد مقدار توتّر التيار المتناوب او شدته في دائرة هو ما يسمّى بالقيمة الفعّالة · يستعان بهذه القيمة لأن معدل القيمة يساوي صفرا خلال اية فترة زمنية قصيرة ، ما دام عدد انصاف الدورات في اتجاه معيّن يساوي عدد انصاف الدورات في الاتجاه المعاكس · يمكن اشتقاق هذه القيمة بواسطة حسابات بسيطة ، وهي القيمة التي يرد ذكرها بين مواصفات التجهيزات الكهربائية · فاذا قرأت على مكواة كهربائية « **٢٣٠ فلط ، ٢ امبير** » ، فذلك يدل على قيمتها الفعّالة ·

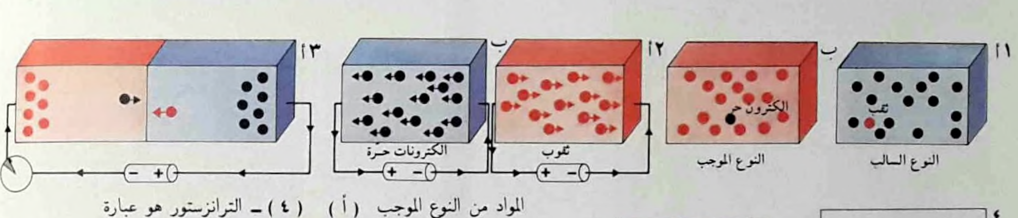
تعمل بنجاح جميع الادوات الكهربائية ، التي بنيتها الاساسية مقاومة في جوهرها (كالمصابيح المتوهجة والمسخّنات والمكاوي) ، باستخدام اي من التيارين المتناوب او المستمر (شرط ان يكون توتّرهما واحدا) · اما الادوات ذات الخصائص المستمدة من المحثّات او المكثّفات (كبعض المحركات ، والمحوّلات ، والمصابيح الفلوريّة) فهي لا تعمل الا باستخدام التيار المتناوب · يُفضّل ايضا استعمال التيار المتناوب في الكهرباء المنزلية ·

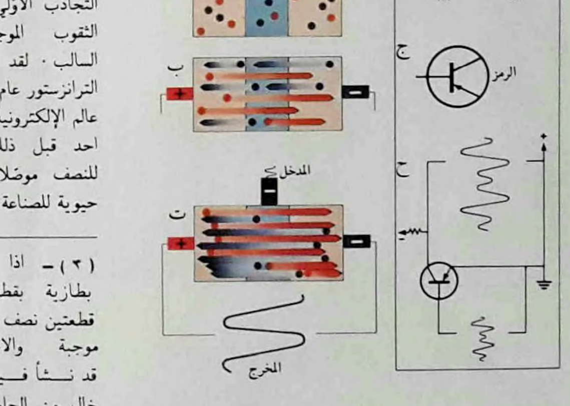
النصف موصِلات

بعض المعادن ، كالنحاس والألمنيوم ، هي موصّلات جيدة للكهرباء . بينما الزجاج والمطاط واكثر المواد البلاستيكية هي مواد غير موصّلة او عازلة . لكن هنالك بعض المواد ، كالجرمانيوم والسيليكون التي ليست موصّلات جيدة ولا موصّلات سيئة ، لذلك تسمّى نصف موصّلة . وهي تستعمل لصنع الترانزستورات والاجهزة المصنوعة من المواد الصلبة .

حاملات التيّار

تتخلّى ذرّات المادة نصف الموصّلة عن احد إلكتروناتها بسهولة ، وتتقبّل إلكترونا من ذرّة مجاورة بدلا منه . رغم استمرار عملية تبادل الإلكترونات هذه ، تبقى الشحنة الاجمالية





(١) — الإلكترونات و « الثقوب » التي ادخلت عمدا الى المادة الاساسية النقية تظهر هنا كما لو كان عددها يفوق كثيرا عدد الحاملات (الثقوب (أ) او الإلكترونات (ب) الناجمة عن النشاط الحراري) .

(٢) — في مادة من النوع السالب (ب) تنجذب الإلكترونات الى طرف البطارية المشحون ايجابيا . لكن انسياب الإلكترونات من الطرف السالب الى الطرف الآخر يترك المادة مشحونة بشحنة موجبة صافية . في المواد من النوع الموجب (أ) يحصل شيء مشابه ، لكن التجاذب الاوّلي يحدث بين الثقوب الموجبة والطرف السالب . لقد احدث اختراع الترانزستور عام ١٩٤٨ ثورة في عالم الإلكترونيك ، اذ لم يكن احد قبل ذلك يتصوّر ما للنصف موصّلات من اهمية حيوية للصناعة الإلكترونية .

(٣) — اذا وصلنا طرفي بطارية بقطعة مؤلفة من قطعتين نصف موصّلتين واحدة موجبة والاخرى سالبة قد نشأ فيهما حاجز خال من الحاملات ، ووصلنا ايضا طرف البطارية الموجب باحدى النصف موصّلتين السالبة (أ) ، فأن ذلك يؤدي الى توسيع حجم الحاجز ، ويكون التيّار ضعيفا جدا . اما اذا عكست البطارية ، فأن الحاجز ينهار ويجري تيار شديد (ب) .

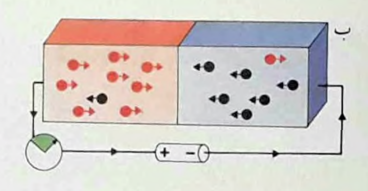
(٤) — الترانزستور هو عبارة عن بلّورتين بشحنة معيّنة تضمان بينهما بلّورة بشحنة معاكسة (أ و ب) . في النموذج **س ج س** (أ و ت) تجري الإلكترونات من البلّورة السالبة المدعوة « المرسل » الى القاعدة الموجبة تحت تأثير ضغط . بهذه الطريقة نحصل على مضخّم للتيّار (ج) يمكن ايضا الحصول على مضخّم للتوتّر (ح) بوضع مقاوم في دائرة المجمّع (ث) .

(٥) — عندما تدعو الحاجة الى قدرة اكبر من التي تعطيها النصف موصّلات العاملة بوصلات ، تستعمل بنية مختلفة تماما تكون قطعها اكبر . في هذه البنية يقطع المجمّع ويلصق بقطعة تسمّى الرأس . ولتمكين الجهاز من العمل بقدرات عالية باستمرار ، فأنه يربط بقطعة معدنية تسمّى بالوعة الحرارة .

للمادة صفرا ، اي بعبارة أخرى ، تبقى المادة غير مشحونة بالكهرباء . لكن يمكن تحويل هذه المادة الى مادة جديدة كليًا ، باضافة بعض ذرّات مختلفة اليها . تحتوي مثلا على إلكترون واحد اكثر مما في ذرّات المادة نفسها . ان اضافة واحدة فقط من هذه الذرّات الجديدة (كالفوسفور او الزرنيخ او الانتيمون) الى كل مئة الف مليون ذرّة من الجرمانيوم او السيليكون ، من شأنها ان تخلق مادة نصف موصّلة من النوع السالب تتوفر فيها بعض الإلكترونات الفائضة لحمل التيّار .

يمكن ايضا احداث الحالة المعاكسة ، اي صنع مادة تنقصها إلكترونات باضافة ذرّات يكون عدد الإلكترونات فيها اقل بواحد من عدد إلكترونات ذرّات المادة الاصلية . فاضافة الالمنيوم او الغاليوم او الانديوم ، بالنسبة السابقة الضئيلة جدا ، الى الجرمانيوم او السيليكون تحدث مادة نصف موصّلة من النوع

٥

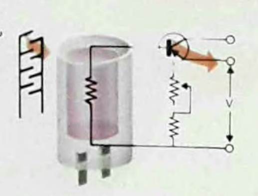


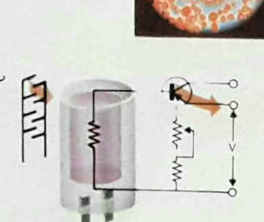
٦ أ



١٧







ينجم عن الجهاز الكبير هذا مقدار من الحرارة اكبر فيتم التخلص منه بواسطة بالوعة الحرارة .

(٦) – تجعل الدوائر المندمجة تصغير جميع انواع الاجهزة الإلكترونية ممكنا . استعملت هذه الدوائر في صنع هذه الساعة الإلكترونية (أ) . قارن في الرسم (ب) بين الحجم الصغير جدا للدوائر وبين بلورات ملح الطعام المحيطة بها . فيتّضح لك كم هي صغيرة تلك الدوائر .

(٧) – تدمج الدوائر التي تدار بالخليّة الكهرضوئية بمصابيح الشوارع (أ) لتشعلها عندما يهبط الضوء الطبيعي الى مستوى معيّن . عند هذه النقطة يهبط توتّر الخرج . فيقدح دائرة اخرى تشعل المصباح . هذه الخليّة ذات الموصّلية الضوئية هي افضل من مفتاح التوقيت الكهربائي ، لأنه ليس بالامكان برمجة المفتاح لاستباق الضباب والعواصف المفاجئة . كما ان صنعها بسيط جدا (ب) . يمكن الركون كلّياً الى الاجهزة التي تصنع اليوم .

الموجب (١٠) . في المواد من كلا النوعين ، السالب والموجب ، تعرف الإلكترونات المساهمة في صنع النوع الخاص الجديد من النصف موصّلات بالإلكترونات التكافؤ (وهي الموجودة على الغلاف الخارجي للذرّة) .

يؤمّن فائض الإلكترونات ، في المواد من النوع السالب ، وسيلة لجريان التيّار ، بينما تُخْلق « فجوات » اضافية في المواد من النوع الموجب ، لتستقر فيها الإلكترونات . بما ان الفجوة تسلّط قوى تجاذب على الإلكترونات المجاورة ، يمكن اعتبارها عمليا كأنها جسيمات مشحونة ايجابيا . الجسيمات الاكثر عددا (أكانت من الإلكترونات او الفجوات) تسمّى الاكثرية الحاملة ، او حاملات التيّار ، لتمييزها عن الاقليّة الحاملة المكوّنة من بعض الإلكترونات او الفجوات المترسّبة (١) .

ابسط شكل للنصف موصّل ، وهو الصمام الثنائي المتماس القطبين الموجب والسالب



(٨) ـ تحتوي مجموعة الثايرستورات على ثايرستورات ثلاثية الصمامات ذات مانعات عكسية . توجد في الثايرستور (ب) اربع طبقات وثلاثة وصلات من النوع ج ـ س وثلاثة إلكترودات ، الكاتود (١) والصمام (٢) والانود (٣) . تستعمل الثايرستورات لضبط الموصّلية في بعض الآلات كضابطات الحرارة وضابطات سرعة المحرّكات ومخفّتات الانوار ومحطات توليد القدرة والمقوّمات العكسية . تصنع الثايرستورات البالغة الصغر لكي تلائم مخفّتات الضوء المنزلية (أ) التي بامكانها التحكّم بدرجة الاضاءة من الصفر حتى الدرجة القصوى . وتستعمل الثايرستورات في بعض الاجهزة المعقّدة (ث) . وفي السيارات الكهربائية كهذا التراكتور الصغير (ت) لضبط السرعة بدقّة مهما بلغت الحمولة .

يُصنع بوصل قطع من مواد نصف موصّلة من انواع متعاكسة بعضها مع البعض الآخر ، وبوصل سلك بكل طرف من طرفي المجموعة ، ثم بوضع المجموعة بكاملها في غلاف واق معدني او بلاستيكي بطريقة يبرز فيها السلكان . اذا وُصل هذا الجهاز ببطارية ، ورُبط طرف البطارية الموجب بالمادة التي من النوع السالب ، يجري تيّار ضعيف جدا في الدائرة ، قوامه الاقليّة الحاملة فقط . اما اذا عُكس قطبا البطارية (٣) ، فأن تيّارا شديدا يجري هذه المرة ، لأن قوامه يكون الاكثرية الحاملة .

١٠

(٩) ـ معظم النصف موصّلات العاملة بوصلات كان في الماضي من النوع ج . س . ج ، حيث تكون القاعدة رقاقة من الجرمانيوم سالبة . كان يلقى ببعض الشوائب مثل الانديوم في الجهاز . كان الانديوم يسخّن فيذوب ثم يعود فيتبلّر ، مكوّنا بذلك سطوحا من النوع الايجابي . اما في الاجهزة الحديثة وخاصة في الدوائر المندمجة ، فيضخ غاز البورون او الفوسفور في رقائق من السيليكون الحارّ ، وذلك لصنع السطوح اللازمة للنوع الموجب او للنوع السالب .

(١٠) ـ يتكوّن « ثقب » في شبكة مؤلّفة من ذرّات لكل منها اربعة إلكترونات في غلافها الخارجي ، اذا ادخلت فيها ذرّات شوائب او ذرّات « خارجية » تكون في غلافها الخارجي ثلاثة إلكترونات . هذا الثقب يعمل لاجتذاب الإلكترونات المحيطة به كما لو كان ذا شحنة موجبة .

صنع الترانزستور

عندما توضع طبقة من مادة نصف موصّلة من نوع موجب او سالب بين طبقتين من النوع المعاكس ، ينشأ عن ذلك نصف موصّل تقليدي ، ثنائي الاتصال ، وثلاثي الطبقات ، يسمّى ترانزستور اتصالي (٤) . بمثل هذه العملية يمكن صنع جهاز **م - س - م** ، وجهاز **س - م - س** (حيث **س** = سالب وج = موجب) . بقطع النظر عن قطبيات التوتّر ، يمكن وصل هذين الجهازين فيما بينهما في دائرة لصنع اجهزة لتضخيم التيّار . في جميع هذه الحالات يكون التوتّر منخفضا .

جاءت الترانزستورات الاولى من نوع التماسّ النقطي . لكن سرعان ما استبدلت طريقة الصنع هذه بطريقة الاتصال السبيكي (٩) ، التي تُستعمل فيها الحرارة لانشاء منطقتين من مادة موجبة في رقاقة جرمانيوم من النوع السالب . يكون الجهاز الحاصل نصف موصّل من نوع **م - س - م** ، الا انه لا يتحمل الا التيّارات الضعيفة . اذا اقتضت الحاجة قدرة اكبر ، تستعمل قطع اضخم من كل مادة لصنع ترانزستور قوي (٥) .

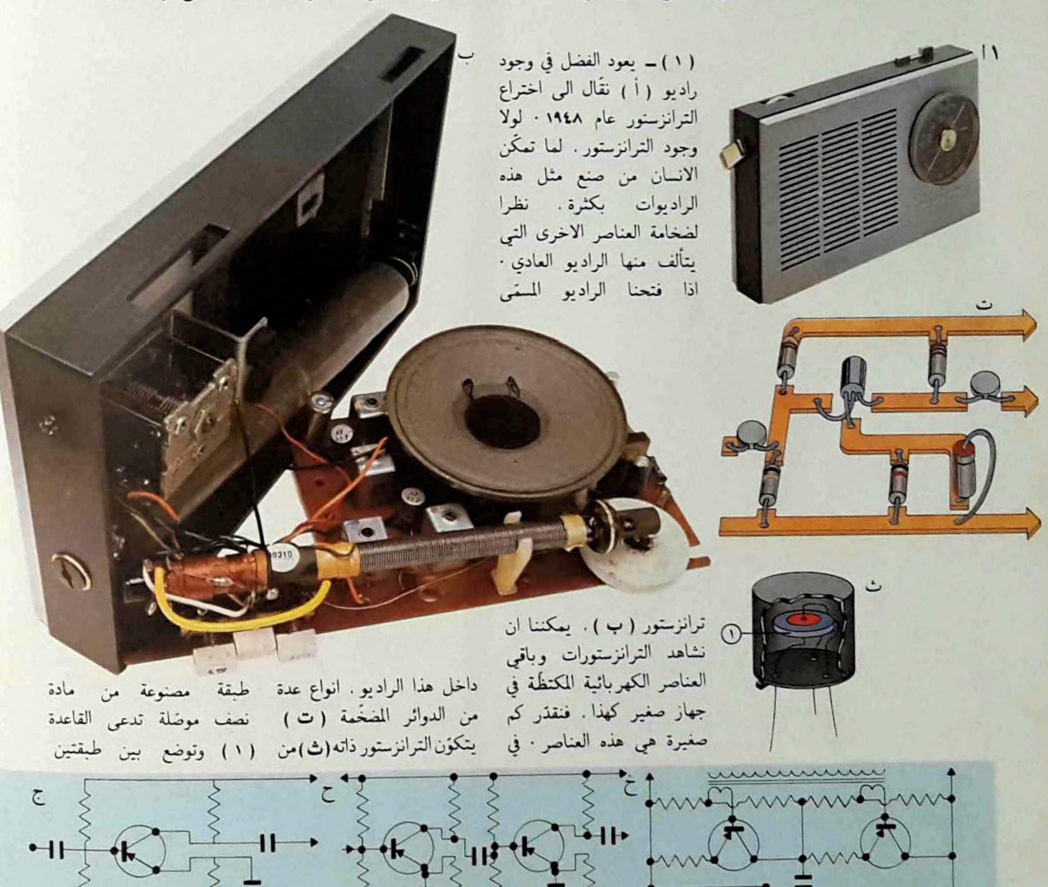
الدوائر المندمجة (١٠) هي تطور انطلق من الترانزستورات ووجد له تطبيقات متزايدة في جميع انواع الآلات الألكترونية . هذه الاجهزة تضم المئات من الترانزستورات والمقومات والمكثفات والدوائر المترابطة على قطعة صغيرة جداً من السيليكون .

المبادئ الالكترونية الأساسية

في الإلكترونيات، يبدأ كل شيء مع الإلكترونات، وهي اجزاء كل ذرّة. فقد قام العلماء برسم الصورة الحديثة للذرّة بجهد كبير، مع ان احدا لم يرها، لأنها صغيرة لدرجة انه من الصعب حتى على المجاهر الإلكترونية الاكثر قدرة ان تكشف عنها. لكن هنالك ايضا ما هو اصغر من الذرّة: الإلكترونات الصغيرة جدا والمشحونة سلبا والتي يمكن تصوّرها تدور من بعيد حول النواة المركزية التي فيها يتركّز معظم كتلة الذرّة.

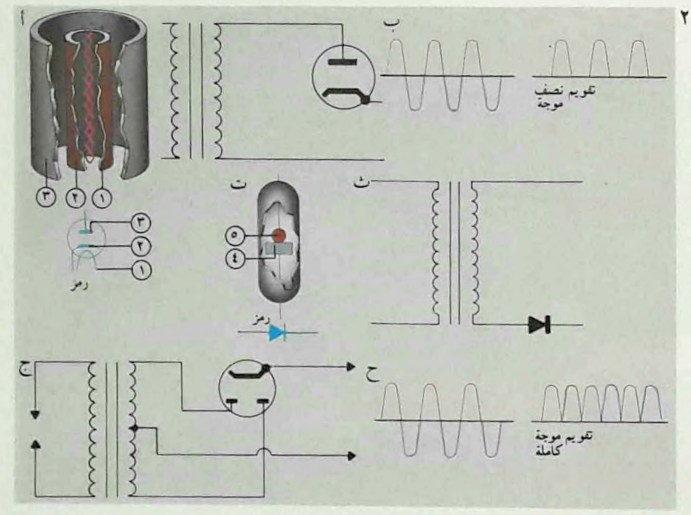
حركة الإلكترونات

الذرّات غير مشحونة عادة، لكن بامكانها

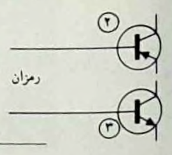


(١) ـ يعود الفضل في وجود راديو (أ) نقّال الى اختراع الترانزستور عام ١٩٤٨. لولا وجود الترانزستور، لما تمكّن الانسان من صنع مثل هذه الراديوات بكثرة، نظرا لضخامة العناصر الاخرى التي يتألف منها الراديو العادي. اذا فتحنا الراديو المسمّى ترانزستور (ب)، يمكننا ان نشاهد الترانزستورات وباقي العناصر الكهربائية المكتظّة في جهاز صغير كهذا. فنقدّر كم صغيرة هي هذه العناصر. في داخل هذا الراديو، انواع عدة من الدوائر المضخّمة (ت) يتكوّن الترانزستور ذاته (ث) من طبقة مصنوعة من مادة نصف موصّلة تدعى القاعدة (١) وتوضع بين طبقتين

اكتساب إلكترون اضافي ، فتصبح بذلك مشحونة سلبا ، او فقدان إلكترون ، فتصبح مشحونة ايجابا . هذه المقدرة عند بعض الذرّات على « تبادل » الإلكترونات بسهولة هي التي تمكّن سيلا منها (تيارا كهربائيا) بالجريان في موصّل (٤) . باستعمال بطارية او مولّد ، يمكن تجميع فائض من الإلكترونات في احد طرفي هذا الجهاز واحداث نقص منها في الطرف الآخر ، فتتولّد عن ذلك قوة كهرطيسية دافعة . اذا وُصل موصّل بهذين الطرفين ، تسبّب هذه القوة انسياب الإلكترونات (او بالاحرى « انجرافها » اذ ان معدل انسيابها نادرا ما يزيد عن ٢ سم بالدقيقة) من الطرف السالب حيث الفائض الى الطرف الموجب حيث النقص . هذا الاتجاه هو عكس الاصطلاح المتفق عليه والذي يفترض جريان التيار الكهربائي من الموجب الى السالب .



٢ (المجمّع والمبثّ) من مادة نصف موصّلة ايضا لكن من نوع معاكس . يتميّز بخواص كهربائية مضادة لخواص القاعدة . نوعا كهرباء المواد نصف الموصلة هما النوع الموجب والنوع السالب . فيدعى راديو الترانزستور بناء على ذلك (م س م) (٢) او (س م س) (٣) . الفارق بينهما يكمن في اختلاف نوعية الاقطاب . ويتميّز كل نوع منهما باتجاه السهم (في الرموز) الذي يدل على المبثّ . الدائرة (ج) التي تمثّل دائرة التضخيم (ت) . هي دائرة راديو تستعمل ردة فعل سالبة (ح) . وذلك لتحسين نوعية الصوت المنتج . واذا اقتضت الحاجة انتاج اشارة قوية جدا ، استعملت دائرة ذات طرف واحد تكون دفعية جذبية (خ) فتكبر الاشارة الكهربائية على مرحلتين .

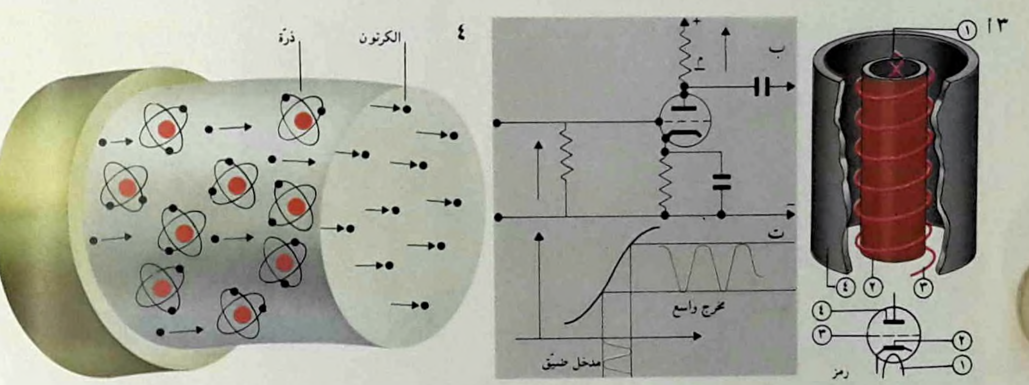


(٢) ـ عندما تتعرض (أ) فتيلة (مسخّن) (١) صمام ثنائي لتوتّر ، فأنها تجعل الكاتود (٢) تبثّ إلكترونات تنجذب آنيا الى الانود (٣) . لا يمكن للتيار ان يجري الا باتجاه واحد فقط ، لأنه ليس بوسع الانود ان يبث إلكترونات . لذلك كان الصمام الثنائي مثاليا لتقويم التيار المتناوب ؛ يعمل هذا الصمام لتقويم نصف الموجة (ب) . لكن باستعمال زوج من الانودات لتكوين صمام « ثنائي مزدوج » . يصبح بالامكان تقويم الموجة الكاملة (ج) . العنصر الصلب ، المعروف باسم الصمام الثنائي النصف موصّل ، هو اكثر فعّالية ، لأنه لا يحتاج الى مسخّن . في هذا الجهاز (ت) وضعت طبقة من مادة نصف موصّلة من النوع الموجب (٤) وعليها حبة من النوع السالب (٥) . لهذا الجهاز مقاومة ضعيفة في احد الاتجاهين ومقاومة عالية في الاتجاه الآخر ، مما يسمح للتيار بالجريان باتجاه واحد فقط ، وهذا ما يقوّم التيار . تظهر في (ث) دائرة تقويم نصف موجة تستعمل هذا النوع من الصمام الثنائي .

تعمل الموصّلات في الدوائر الإلكترونية (بشكل اسلاك او شرائط من النحاس الرفيع على مادة عازلة كالباكسولين) بمثابة مسارات للإلكترونات تنساب فيها بحرية من جزء من الدائرة الى آخر · لكن لا بد من وجود عناصر معيّنة لضبط الانسياب ، ولتمكين تيّارات محددة من الإلكترونات من المرور في مختلف اجزاء الدائرة كالصمامات والترانزستورات · هذه العناصر معروفة بالمقاومات (٥) ، وهي متوفرة ضمن مدى واسع من المقادير يتراوح بين جزء واحد من الاوم (وحدة قياس المقاوم) حتى عشرات الملايين من الاومات ·

الصمامات ومقوماتها

الصمام الثنائي هو ابسط انواع الانابيب الخوائية (٢ ـ أ) ، وهو يستطيع تغيير تيار متناوب (مثل تيار المولد الرئيسي) الى



(٣) ـ باضافة الكترود (يسمّىٰ شبكة التحكّم (٣) بين الكاتود (٢) والانود (٤) ، يصبح من الممكن للتوتّر على الشبكة ان يتحكّم بتيار على الصمام · هكذا نحصل على الصمام الثلاثي (أ) الذي لا بدّ له ، كما في الصمام الثنائي ، من مسخّن (١) لتحريك التيار وجعله يبدأ بالجريان · عمليا ، نجد ان تغيّرا صغيرا في توتّر الشبكة يسبب تغيّرا كبيرا في تيار الانود · باستعمال هذا الاثر في الدائرة (ب) ، يمكن تحويل تيار انود متغيّر الى توتّر في المقاوم (م) ، وتكون النتيجة اشارة مضخّمة تفيد عن الدخل على شبكة التحكّم (ت) ·

(٤) ـ يمكن المحافظة على انسياب الإلكترونات في سلك مصنوع من معدن كالنحاس باستخدام قوة كهربائية دافعة تصوّب الى طرفيه · يكون تيار كهذا ممكنا ، لأن ذرّات مادة جيّدة التوصيل تسمح لإلكتروناتها بالانفلات منها بسهولة تحت تأثير قوة كهربائية دافعة ، وبالسهولة ذاتها ، تلتقط هذه الذرات إلكترونات أخرى افلتت من ذرات مجاورة ·

(٥) ـ هناك رموز لونية اصطلاحية مقبولة عالميا تستعمل عادة للتعبير عن قيمة المقاومات الفحمية بالاوم (تصل الى ملايين الاومات) وتلصق على المقاومات ذاتها · مقدار المقاوم الظاهرة هنا ٤٧٠ اوم بدقة ١٠ ٪ · مفتاح هذه الشيفرة البسيطة هو كالتالي ، لا معنى خاص للحلقة الاولى أ ، الحلقة ب تعطي الرقم الاول ، الحلقة ت تعطي الرقم الثاني ، الحلقة ث تعطي عدد الصفور التي يجب اضافتها الى الارقام التي في ب و ت · اذا كان هناك حلقة رابعة ج ، فانها تعطي الدقة باللون الفضي ، ١٠ ٪ ، والذهبي ٥ ٪ · غياب الحلقة الرابعة يعني دقة ٢٠ ٪ ·

(٦) ـ انسحر كثير من الفنانين بعجائب الذرّة · فقد قدمت النحاتة البريطانية بربارة هيبورث بعنوان « موضوع في الإلكترونات » عام ١٩٥٧ منحوتا لمركز مولارد للإلكترونيات في لندن · يمثل هذا المنحوت عالم الإلكترون · يمكن ان نتصور لكل ذرّة عددا من الإلكترونات في مدار حول نواة قد تحتوي على بروتون او أكثر وعلى النيوترونات ·

سلسلة من النبضات (تيار مستمر) بعملية معروفة بالتقويم · يعطي الصمام الثنائي ذو الانود الواحد تقويما نصف موجيّ (٢ - ب)· لكن فعّالية العملية تتحسّن بتقويم الموجة الكاملة (٢ - ح) · للحصول على تيار مستمر خال من النبضات . يمكن وصل التيار النابض بعناصر اضافية في الدائرة . كالمكثّفات وصمامات الخنق . التي تجعله « املس » ·

اصبح من العادي اليوم الاستغناء عن الصمامات الثنائية لاستبدالها بالمواد النصف موصّلة الصلبة · فجميع الدوائر الحديثة تقريبا في الادوات المنزلية الكهربائية تصنع من اجزاء صلبة .

مع ان الصمام الصلب الثنائي (٢ - ج) هو اصغر بكثير من الصمام الخوائي المعادل له . فانه يقوم تماما بوظيفة التقويم ذاتها . عندما يستعمل في دوائر من النوع ذاته (٢ - ث) . مع هذا الفرق انه ليس مجهّزا بفتيلة (مسخّن) .

فضلا عن ذلك . استطاع المخترع الامريكي لي دي فورست (١٨٧٣ - ١٩٦١) تحسين الصمام الثنائي عندما توصل عام ١٩٠٦ الى التحكّم بسيل الإلكترونات بين المصعد (الكاتود) والمهبط (الانود) . وذلك باضافة إلكترود ثالث الى الصمام (٣) · ثم توصّل . باستعمال عدد مناسب من العناصر الاخرى . كالمكثفات والمقاومات في الدائرة الكهربائية الى جعل الصمام الثلاثي صالحا ليقوم بوظيفة مضخّم للفلطيّة (٣ - ب) ·

الترانزستور

تمكّنت مختبرات شركة بل للهاتف . في ميوري هيلز في نيو جرزي بالولايات المتحدة . وبقيادة العالم وليم برادفورد شوكلي (١٩١٠ -) بمفاجأة دنيا الإلكترونات بصمام ثلاثي الاقطاب يعتمد كلياً على المواد الصلبة . كتب له ان يقضي مع الزمن على سيطرة الصمامات الإلكترونية الخوائية ·

نتيجة لهذا العمل . تتمتّع جميع اجزاء العالم اليوم بامكانية استعمال اجهزة راديو تعمل بالبطارية . نقالة وصغيرة الحجم وقليلة الكلفة (١) ·

٥

٠ ١ ٢ ٣ ٤

ا ب ت ث ج

٥ ٦ ٧ ٨ ٩

٦



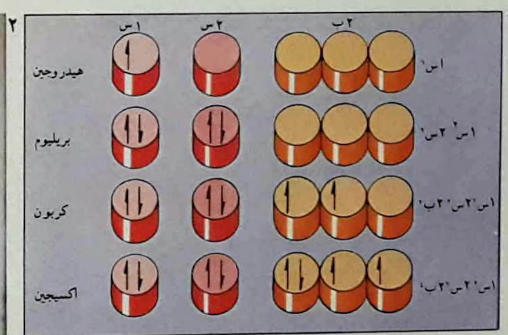
ماهي الكيمياء ؟

مواد الصباغ . الادوية . الالياف الصناعية . مواد التصوير الفوتوغرافي . مواد التنظيف المنزلي والاسمدة الزراعية ما هي الا امثلة قليلة عن المنتجات التي تصنع بواسطة الكيمياء . لكن ما هي الكيمياء ؟ كل علم ينظر الى العالم بمنظاره الخاص . وعلم الكيمياء يُعنى بدراسة حجر الاساس في بناء العالم المادي : الذرّة . فهو يدرس خصائص الذرّات المتنوعة . وطرق ترابط الذرّات لتكوين الجزيئات . والتفاعلات المختلفة التي تتفاعل بها الجزيئات .

بنية الذرّات

تتألف الذرة . في نظر الكيميائي . من

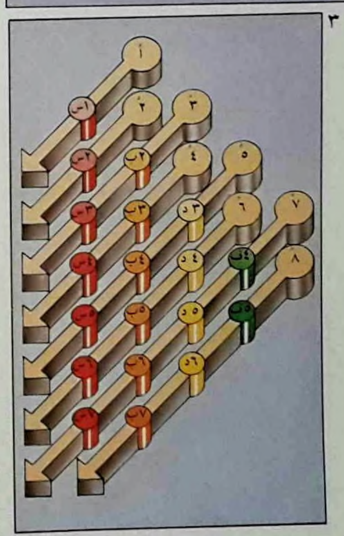
١



٢



٣



(١) – يمكن تدوين مواقع الكترونات الذرة غير المشحونة لأي عنصر بخانات رمزية . يرمز الى المدارات بعدد (العدد الكمي الرئيسي الذي يدل على معدل المسافة بين الالكترون والنواة) . والى شكل المدارات بحرف . الاحرف المستعملة لتمييز عنصر عن آخر مشتقة من اسماء الفئات الاربع للخطوط الطيفية : **س ، ب ، د ، ف** . بما ان الالكترونات (المشار اليها بنصف سهم) يمكن أن تدور على نفسها باتجاهين متعاكسين . اصبح باستطاعة كل خانة استيعاب الكترونين .

ثلاثة جسيمات اساسية ، البروتون والنيوترون والإلكترون · لا يختلف البروتون عن النيوترون - وهما متساويان تقريباً في الكتلة - الا بالشحنة الكهربائية الموجبة التي يحملها الأوّل ، بينما الثاني مجرد من أية شحنة · اما الإلكترون ، وهو أخف بكثير من البروتون ، فله شحنة كهربائية مساوية لشحنة البروتون ، الاّ أنها سالبة ·

تتجمع البروتونات والنيوترونات ، مترابطة بشدة ، في مركز الذرّة الذي يدعى النواة ، بينما تحيط الإلكترونات بالنواة ، لكن بدون ترابط شديد فيما بينها · اذا علمنا ان شعاع الذرّة المحايدة (اي الذرّة التي تحتوي على عدد متساو من البروتونات والإلكترونات) هو أكبر بعشرة آلاف مرّة تقريباً من شعاع النواة ، فهمنا معنى القول الشائع بأن معظم الذرّة فراغ · ينتج عن هذا الواقع أنه ، عندما تصدم ذرات ذرات أخرى ،

٤

٥



٦

(٢) ـ اعتقد قدماء الاغريق ، وعلى رأسهم ديموقريطس ، ان المادة مكوّنة من جسيمات صغيرة سموها ذرات · لكن « مذهب الذرة » لم يصبح جزءاً مفيداً من الكيمياء حتى جاء جون دالتون (١٧٦٦ ـ ١٨٤٤) بالفكرة القائلة بأن للذرات اثقالا مختلفة ، وان ثقل ذرة معيّنة هو ثابت · بحلول عام ١٨٠٨ ، كان دالتون قد وضع هذه اللائحة (الرسم) من الرموز لأنواع الذرات (العناصر) المختلفة ·

---

(٣) ـ يكون عدد الالكترونات في الذرّات أكبر فأكبر كلما ثقلت العناصر · يتوقف توزيعها في المدارات على طاقة الترابط الخاصة بكل مدار · فكلّما كان الالكترون قريباً الى النواة ، ازدادت طاقة الترابط اجمالاً · وعندما يتباعد الالكترون عن النواة ، يصبح حساب مقادير الطاقة أكثر تعقيداً · فالمدار ٤ س مثلاً ذو طاقة ترابط اشد من المدار ٣ د وهو يمتلىء بالالكترونات قبله · يظهر الجدول البياني الترتيب العام الذي به تشغل الالكترونات المدارات كلما كبرت الذرات ·

---

(٤) ـ ينبعث ضوء بموجة محددة الطول من عنصر كالهيدروجين عندما « يثار » بمرور قوس تفريغ فيه · اذا مر ضوء مؤلف من موجات بهذه الاطوال في بخار العنصر ذاته ، فالبخار يمتصه لاعطاء طيف امتصاص · احتار الناس في مستهل القرن التاسع عشر لماذا تعطي العناصر مثل هذه الاطياف ، ولماذا تنقسم الخطوط الطيفية الى أربعة فئات (مسماة الحادّة والرئيسية والمنتشرة والاساسية) · لم يعثر على تفسير لذلك الا عندما ظهرت النظرية الذرية الحديثة ·

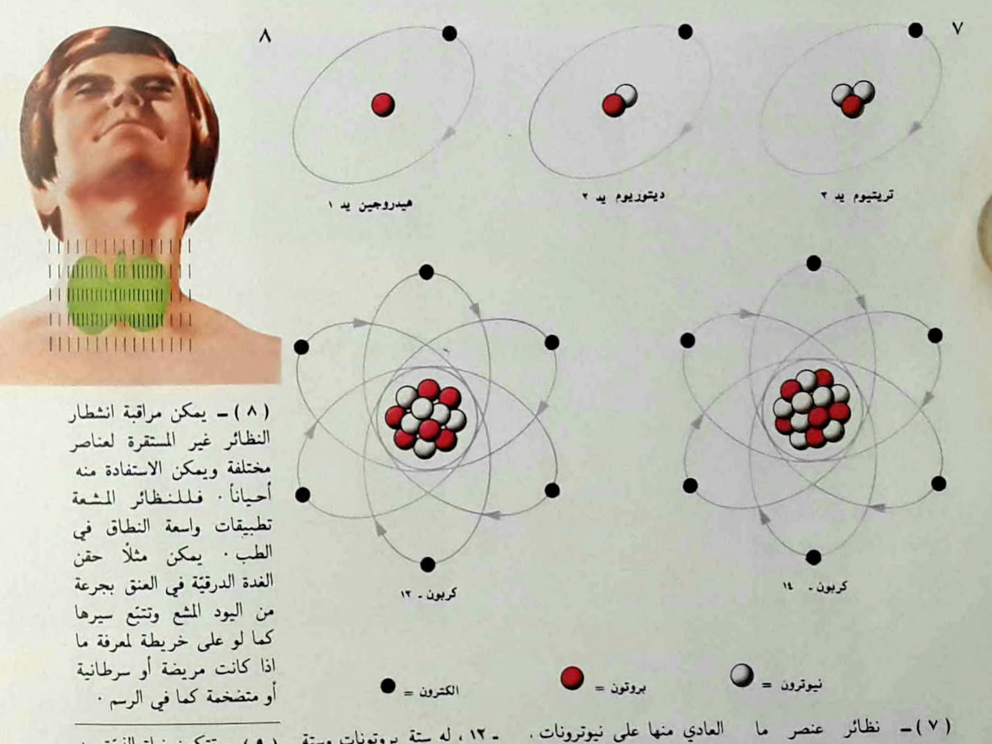
---

(٥) ـ هذه الورديّة الحديديّة ، التي كانت تزيّن العربات الاترورية ، يرجع تاريخها الى القرن السابع ق · م · ترجع تقنات شغل الحديد ، وقبله النحاس والبرونز ، الى آلاف السنين · وهي التي اتاحت للناس صنع الادوات والاسلحة التي ساهمت في تطوير اساليب كل من الزراعة والحرب ·

(٦) ـ جون دالتون ، وهو ابن حائك ، من ابرز الوجوه في الكيمياء ، وذلك نتيجة لتطويره للنظرية الذرية · كان دالتون مصابا بعمى الألوان ، وبالاضافة الى النظرية الذرية التي طوّرها خلال السنين العشر الاولى من القرن الثامن عشر ، فإنه قام بأبحاث عن عمى الألوان (المسمّى أحياناً الدالتونية) وعن علم الارصاد الجوية ·

فالتفاعل يحصل بين الإلكترونات ، لا بين النوى التي لا يتسنى لها بسبب البعد أن تتلامس · هذا ما يفسر اهتمام الكيميائيين الاساسي بالالكترونات في الذرّة ·

يدعى عدد بروتونات الذرّة العدد الذرّي ، بينما تدعى كتلة مجموعة الجسيمات تحت الذرّية (البروتونات ، النيوترونات ، والالكترونات) الزِّنة الذرية ، اي الثقل · تتألف ابسط الذرّات - وهي ذرّة الهيدروجين - من بروتون واحد والكترون واحد بدون أي نيوترون · اذا اضيف نيوترون واحد الى نواة الهيدروجين ، ينتج عن ذلك ذرة مختلفة تدعى الديتوريوم · إلاّ ان تصرف الهيدروجين والديتوريوم متشابه جداً في كثير من النواحي ، وهذا متوقع لدى ذرتين لكل منهما الكترون واحد · لذلك يعتبر الكيميائيون ذرة الهيدروجين والديتوريوم نظيرين لعنصر واحد · للهيدروجين ايضاً نظير ثالث تحتوي

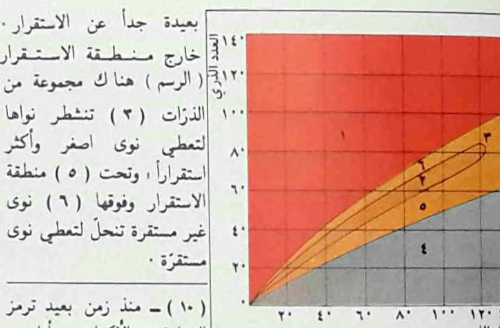


(٧) - نظائر عنصر ما تحتوي جميعها على عدد مماثل من البروتونات ، لكنها تختلف بعدد النيوترونات · لذرات الهيدروجين بروتون واحد · ولا يحتوي النوع العادي منها على نيوترونات ، اما النوع النادر ، وهو الديتيريوم ، فله نيوترون واحد · التريتيوم مشعّ وله نيوترونان إثنان · النظير المستقر للكربون ، الكربون - ١٢ ، له ستة بروتونات وستة نيوترونات · الكربون - ١٤ له ثمانية نيوترونات وهو مشعّ · ان نسبة وجود هذين الأخيرين في المواد العضوية تساعد على تحديد عمرها ·

(٨) - يمكن مراقبة انشطار النظائر غير المستقرة لعناصر مختلفة ويمكن الاستفادة منه أحياناً · فللنظائر المشعة تطبيقات واسعة النطاق في الطب · يمكن مثلاً حقن الغدة الدرقيّة في العنق بجرعة من اليود المشع وتتبّع سيرها كما لو على خريطة لمعرفة ما اذا كانت مريضة أو سرطانية أو متضخمة كما في الرسم ·

(٩) - تتكون نواة الذرّة من بروتونات ونيوترونات · بعض المركّبات فقط من هذه الجسيمات هي مستقرة (٢) فالنوى الذرية التي تحتوي على فائض كبير من

نواته على بروتون واحد ونيوترون ويدعى التريتيوم . لكن إذا اضيف بروتون ثان الى نواة التريتيوم ، والكترون آخر حول هذه النواة ، للحفاظ على توازن الشحنة الكهربائية ، نحصل على شيء مختلف تماماً . فالذرّة الجديدة لا تشبه ، في تصرفها الكيميائي ، أيا من نظائر الهيدروجين . انها بالحقيقة ذرّة عنصر جديد مختلف تماماً ، يدعى الهيليوم .



البروتونات (١) أو النيوترونات (٤) تكون بعيدة جداً عن الاستقرار . خارج منطقة الاستقرار (الرسم) هناك مجموعة من الذرّات (٣) تنشطر نواها لتعطي نوى اصغر وأكثر استقراراً ، وتحت (٥) منطقة الاستقرار وفوقها (٦) نوى غير مستقرة تنحلّ لتعطي نوى مستقرّة .



(١٠) ــ منذ زمن بعيد ترمز الدوارق والأكواب وأنابيب الاختبار البسيطة الى بحث الكيميائي عن عناصر ومركّبات جديدة .

بنية العناصر

ان ما يحدد العنصر الذي تنتمي اليه ذرة هو عدد البروتونات في نواتها . اما عدد النيوترونات في النواة ، فقد يتفاوت بعض الشيء ، فتنجم نظائر العنصر المختلفة عن هذا التفاوت . نظائر العنصر الواحد تختلف بكتلها ، لكن خصائصها الكيميائية واحدة . في الطبيعة عدد من النظائر المستقرة ، إلاّ ان العناصر التي تحتوي على ٩٠ بروتونا فأكثر (مثل اليورانيوم) تميل نظائرها الى عدم الاستقرار ، فتنشطر النوى الى اجزاء تصبح ذرّات لعناصر اخرى (٩) . هذا اللااستقرار هو الاساس الذي بنيت عليه المفاعلات والقنابل الذرية .

بازدياد عدد بروتونات النوى يزداد عدد الالكترونات المحيطة بها التي تنتظم في مدارات معيّنة وفقا لقواعد ثابتة . تتفاعل الشحنات الموجبة والشحنات السالبة في الذرّة ، فتجذب البروتونات الموجبة الالكترونات السالبة اليها ، وهكذا تبقيها داخل مدارات الذرّة ، لكن قوة الالكترونات الدافعة (المومنتوم) تحول دون انجذابها حتى السقوط على النواة ، فتبقى في مداراتها تماماً كما تبقى السيّارات على مداراتها حول الشمس دون السقوط عليها .

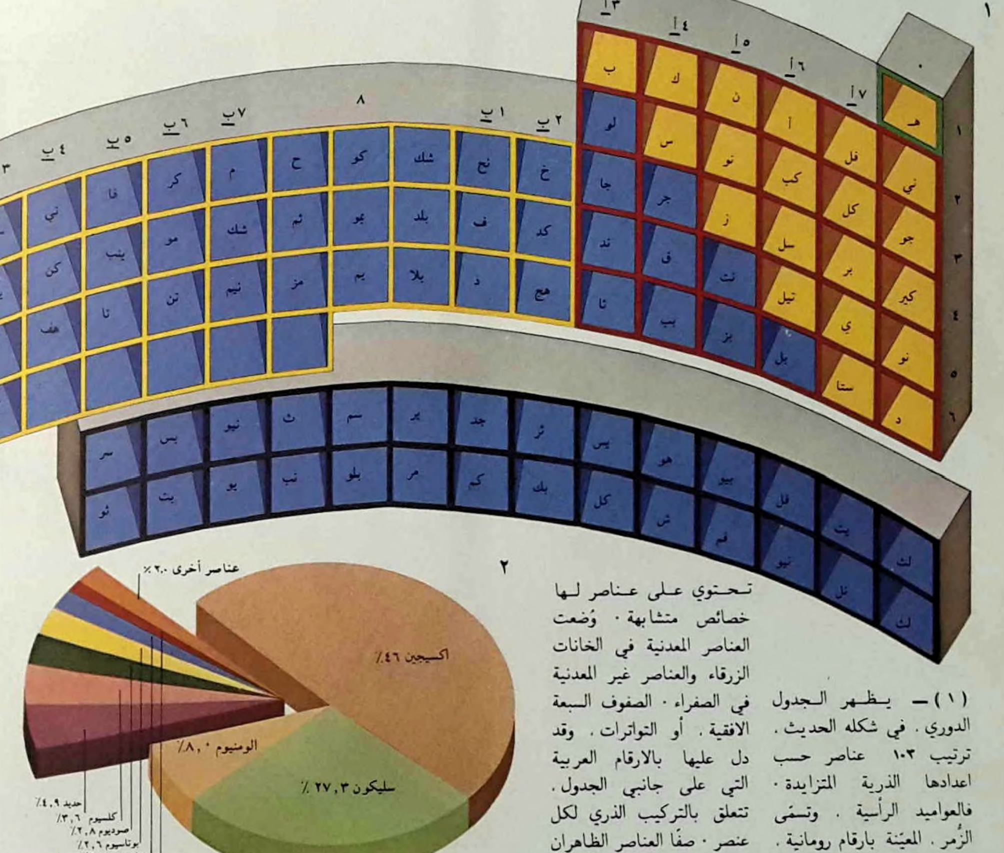
المدارات الالكترونية

يحتل الالكترون في ذرة الهيدروجين قطاعاً دائرياً يحيط بالنواة . لا يمكن تعيين مكان وجود الالكترون على الدائرة في وقت معيّن الاّ على سبيل الارجحية . لذلك فان المنطقة المحيطة بنواة الهيدروجين والتي يكون احتمال وجود الالكترون فيها هو الاكبر ، تدعى مدار الالكترون .

تصنيف العناصر الكيميائية

منذ أن قام الانسان ، قبل آلاف السنين ، باستخراج المعادن من الصخور ، اخذ يتعلم كيف تتصرف مختلف المواد ، وحاول أن يكتشف منهج ذلك التصرف . لكن الخطوة الحاسمة في اكتشاف نظم الكيمياء الحديثة لم تتم الا قبل مئة سنة تقريباً ، وذلك عندما وضع العلامة الروسي دمتري مندلييف (١٨٣٤ ـ ١٩٠٧) جدوله الدوري للعناصر .

كان العالم الفرنسي انطوان دي لافوازييه ، قبل ذلك ، قد احيا كلمة « عنصر » التي ابتكرها روبرت بويل للدلالة على المواد التي لا يمكن تقسيمها الى مواد ابسط . ثم اكتشف العلماء ، خلال السنوات الخمس والسبعين التالية ، عناصر جديدة تحتوي على عناصر لها خصائص متشابهة . وُضعت العناصر المعدنية في الخانات الزرقاء والعناصر غير المعدنية في الصفراء . الصفوف السبعة الافقية ، أو التواترات ، وقد دل عليها بالارقام العربية التي على جانبي الجدول ، تتعلق بالتركيب الذري لكل عنصر . صفّا العناصر الظاهران



(١) ــ يظهر الجدول الدوري ، في شكله الحديث ، ترتيب ١٠٣ عناصر حسب اعدادها الذرية المتزايدة . فالعواميد الرأسية ، وتسمّى الزُمر ، المعيّنة بارقام رومانية ،

(٥) فتبين لهم أن بعض المواد، التي كانت تعتبر «عناصر» فيما مضى، لم تكن سوى مركّبات (اي اثنين أو اكثر من العناصر المؤتلفة).

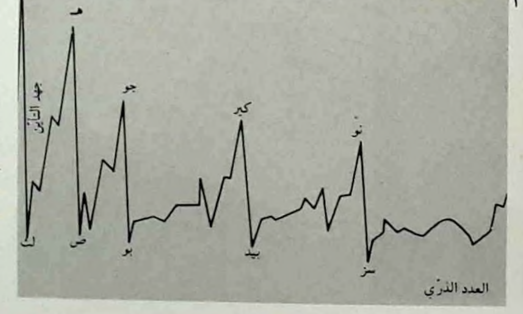
الكتل الذرية

مع اكتشاف عناصر جديدة وتبويب خصائصها، اتضح ان بعض العناصر متشابهة في خصائصها. فالصوديوم والبوتاسيوم مثلاً، اللذان تم عزلهما في أوائل القرن التاسع عشر على يد همفري دافي (١٧٧٨ - ١٨٢٩) هما كلاهما من المعادن الطرية التي تتفاعل بشدة مع الماء لتكوّن محاليل قِلْويّة. من هنا تبيّن انه لا بد من وضع طريقة لتبويب العناصر تسمح بتجميع العناصر ذات الخصائص المشتركة في فئات منفصلة. احدى الخصائص التي كان يتم تبويب العناصر على اساسها آنذاك، كانت الكتلة الذرية. الذرة متناهية

منفصلين هما سلسلتا اللانثانيدات والأكتينات. عناصر هاتين السلسلتين تظهر تشابها فيما بينها، لأن بنيتها الإلكترونية واحدة، فجميع الكتروناتها تشغل مواقع في المدارات الداخلية.

(٢) ـ يوجد في الطبيعة ٩٠ عنصراً. لكن هذه العناصر تختلف كثيراً في وفرتها. فكما يظهر من الجدول البياني هنا، تكوّن كميّة أقل من ١٠ عناصر ٩٨٪ من كميّة المجموع.

(٣) ـ من المعروف اليوم أن الطبيعة الدورية للعناصر متأتية عن بنيتها الالكترونية. يمكن تصور الالكترونات في أية ذرة وكأنها تحتل «طبقات». يمكن لكل منها احتواء عدد معين من الالكترونات. بالنسبة للطبقات الثلاث الاولى، فإن الاعداد هي ٢ و ٨ و ١٨. اذا كانت الطبقة الخارجية مليئة تماماً أي انها تحتوي على ٨ الكترونات، فان العنصر يكون غير متفاعل كيميائياً؛ ينطبق هذا الشرط على غازات الهيليوم (هـ) والنيون (ني) والارجون (جو) والكربتون (كير). يتشابه الليثيوم (لث) والبوتاسيوم (بو)، لأن لكل منهما الكترون واحد في الطبقة الخارجية، ويختلفان كيميائياً عن المغنيسيوم (مغ) والبروم (بر).



(٤) ـ لا بد من طاقة لانتزاع الكترون واحد من ذرّة اي عنصر. يختلف مقدار هذه الطاقة، المسمّاة جهد التأين الاول، من عنصر الى آخر. اذا وضعنا هذه الطاقات في رسم بياني، ورتبنا العناصر على طول القاعدة بحسب اعدادها الذرية المتزايدة، فإننا نشاهدها ترتفع تدريجياً، ثم تنخفض فجأة، قبل أن ترتفع من جديد.

الصغر الى حد ان رأس دبوس يحوي مليون مليار مليار منها (اي عدد ١ يليه **٢٤** صفراً) ٠ مع ذلك ، فلكل ذرة كتلة معينة ، معظمها هو مجموع كتل البروتونات والنيوترونات التي تحويها النواة ٠

توصّل كيميائيو القرن التاسع عشر ، تدريجيا وبطرق تحليلية مختلفة ، الى تبويب كتل العناصر بدقة متزايدة ٠ في البدء ، اتخذوا مقياساً لهم كتلة الهيدروجين (وتساوي ١) ، وحدّدوا باقي كتل العناصر بالنسبة اليها ٠ اما الآن ، فتقدّر الكتل الذرّية بالنسبة الى كتلة الكربون ورقمها ١٢ (٦ نيوترونات و ٦ بروتونات) ؛ تصبح كتلة الهيدروجين ، بناء على هذا المعيار الجديد ، ١،٠٠٨ ٠

بترتيب العناصر في جدول حسب ازدياد الكتل الذرية ، توصل مندلييف الى بناء جدوله الدّوري ٠ الا أن جدوله كان يحتوي ،

٥

(٥) ـ العناصر ورموزها واعدادها الذرّية :

الاكتينيوم	كت	٨٩	النبتونيوم	نب	٩٣	الاربيوم	بيو	٦٨	التنتالوم	تا	٧٣	القصدير	ق	٥٠
الالمنيوم	لو	١٣	النيكل	نك	٢٨	اليروبيوم	ير	٦٣	التكنتيوم	تك	٤٣	التيتانيوم	تي	٢٢
الامريكيوم	مر	٩٥	النيوبيوم	نيب	٤١	الفرميوم	فم	١٠٠	التلّوريوم	تيل	٥٢	التنجستن	تن	٧٤
الانتيمون	نت	٥١	النتروجين	ن	٧	الفليور	فل	٩	التربيوم	تر	٦٥	اليورانيوم	يو	٩٢
الارجون	جو	١٨	السلنيوم	سل	٣٤	الفرانسيوم	فر	٨٧	الثاليوم	ثا	٨١	الفاناديوم	فا	٢٣
الزرنيخ	ز	٣٣	النوبليوم	نل	١٠٢	الجادولينيوم	جد	٦٤	الجرمانيوم	م	٣٢	الزنون	نو	٥٤
الاستاتين	ستا	٨٥	الازميوم	مز	٧٦	الجاليوم	جا	٣١	الذهب	ذ	٧٩	اليتربيوم	يت	٧٠
الباريوم	با	٥٦	الاكسجين	أ	٨	البروميثيوم	مث	٦١	الهفنيوم	هف	٧٢	اليتريوم	يتر	٣٩
البركليوم	بك	٩٧	البلاديوم	بلد	٤٦	البروتكتنيوم	بت	٩١	الهيليوم	هـ	٢			
البريليوم	بير	٤	الفوسفور	فو	١٥	الراديوم	ر	٨٨	الهولميوم	هو	٦٧			
البزموث	بز	٨٣	البلاتين	بلا	٧٨	الرادون	د	٨٦	الهيدروجين	يد	١			
البورون	ب	٥	البلوتونيوم	بلو	٩٤	الرنيوم	نيم	٧٥	الانديوم	ند	٤٩			
البروم	بر	٣٥	البولونيوم	بل	٨٤	الروديوم	يمو	٤٥	اليود	ي	٥٣			
الكادميوم	كد	٤٨	البوتاسيوم	بو	١٩	الروبيديوم	بيد	٣٧	الاريديوم	يم	٧٧			
السيزيوم	سز	٥٥	البراسوديميوم	بس	٥٩	الروثينيوم	ثم	٤٤	الحديد	ح	٢٦			
الكالسيوم	كا	٢٠	الكربون	ك	٦	الساماريوم	سم	٦٢	الكربتون	كير	٣٦			
الكاليفورنيوم	كف	٩٨	السيريوم	سر	٥٨	السكانديوم	سك	٢١	كورشتوفيوم	كشت	١٠٤			
المغنسيوم	مغ	١٢	الكلور	كل	١٧	الخارصين	خ	٣٠	اللنثانوم	لن	٥٧			
المنغنيز	م	٢٥	الكروم	كر	٢٤	(الزنك)			اللورنسيوم	لر	١٠٣			
المندلفيوم	من	١٠١	الكوبلت	كو	٢٧	السيليكون	س	١٤	الرصاص	ر	٨٢			
الزئبق	ء	٨٠	النحاس	نح	٢٩	الفضة	ف	٤٧	الليثيوم	لث	٣			
الموليبدنوم	مو	٤٢	الكوريوم	كم	٩٦	الصوديوم	ص	١١	اللوتشيوم	لت	٧١			
النيوديميوم	نيو	٦٠	الديسبروسيوم	يس	٦٦	السترنتيوم	ست	٣٨	الثوريوم	ثو	٩٠			
النيون	ني	١٠	الاينشتاينيوم	ش	٩٩	الكبريت	كب	١٦	الثوليوم	ثل	٦٩			

٦

خلافاً لجداول غيره ، على فراغات ·

قبل نهاية القرن التاسع عشر توصل العلماء الى التحقق من صحة بعض توقعاته ، فاكتشفوا بعض العناصر الناقصة من جدوله ، كما اثبتوا ان خصائص هذه العناصر جاءت متوافقة مع مواصفاتها ، كما تنبأ بها مندلييف ·

العدد الذرّي

اصبح من المعروف الآن أن الاساس الفيزيائي للتصنيف الذرّي ليس الكتل الذرّية للعناصر ، بل اعدادها الذرّية (أي عدد البروتونات الموجودة في نواتها) · أما أوجه الشبه الملاحظة بين فئات مختلفة من العناصر ، فتعزى اليوم الى التشابه في ترتيب الالكترونات في هذه العناصر (٤) ·

بناء على ذلك ، يمكن أن نقول أنه اذ كان لذرتين عدد الكترونات متساو في المدار الالكتروني الاخير ، أو في الغلاف ، كما يدعى هذا المدار ، فمن المعقول ان تكون خصائصهما الالكترونية متشابهة · لجميع العناصر الواقعة تحت عنصر الليثيوم في الجدول الدوري الحديث (١) ، الكترون واحد في الغلاف الخارجي ·

العناصر المصنَعة

كان من المعتقد ، طيلة سنوات عديدة ، ان العنصر ٩٢ (اليورانيوم) هو العنصر الطبيعي الاثقل على سطح الارض · وكان يُظنّ أيضاً ان ازدياد كبر الذرات يؤدي الى عدم استقرارها ، وأنه اذا وجدت في الماضي ذرّات ثقيلة جداً ، فلا بد أن تكون قد تحللت وتجزأت الى ذرّات أخف واصغر · لكن ، من عام ١٩٤٠ ، باشر العلماء الامريكيون والسوفياتيون بتصنيع عناصر ما بعد اليورانيوم أو الترانسيورانيوم · وقد استعمل غلين سيبورغ (١٩١٢ –) وهو من رواد هذا المجال ، الجدول الدوري ليتنبأ بالخصائص المحتملة لهذه العناصر الجديدة ·

وفي عام ١٩٧١ عثر سيبورغ على البلوتونيوم الطبيعي في عيّنة من خامات اليورانيوم ·



٧

(٦) – كان للعالم الروسي دمتري مندلييف الفضل عام ١٨٩٦ في اقتراح الجدول الدوري للعناصر · هذا الانجاز النظري الباهر اعطى نظام التصنيف اللازم لفهم التشابه في خصائص بعض العناصر · ولد مندلييف في سيبيريا عام ١٨٣٤ وتدرّب على التعليم في بطرسبرج ، حيث اصبح فيما بعد استاذاً للكيمياء في جامعتها ·

(٧) – لم يكن مندلييف يعرف الجرمانيوم ، وهو معدن « يُنقّى » بهذا الشكل (في الرسم) لصنع الترانزستور . عندما اقترح جدوله الدوري · الا أنه تنبأ ، عام ١٨٧١ ، بوجود هذا العنصر وبخصائصه واسماه « ايكا - سيليسيوم » وهو اسم اشتقه من كلمتي سيليسيوم (الاسم القديم للسيليكون) وايكا وهي كلمة سنسكريتية معناها « واحد » ·

مجموعات العناصر الكيميائية

تتألف كل من ذرّات العناصر من نواة مركزية تحيط بها « غيمة » فيها إلكترون واحد او اكثر · يمكن تصوّر هذه الإلكترونات متمركزة في سلسلة من الغلافات المركزية · يتوقف تصرف عنصر ما على عدد الإلكترونات القائمة في الغلافات الأبعد عن النواة ، كما يتأثر ايضا بعدد هذه الغلافات · لكن ما يشكل الاساس للقانون الدوري ولتصنيف العناصر في مجموعات او فئات انما هو بنية الغلاف الخارجي الاخير ووضع الإلكترونات فيه ·

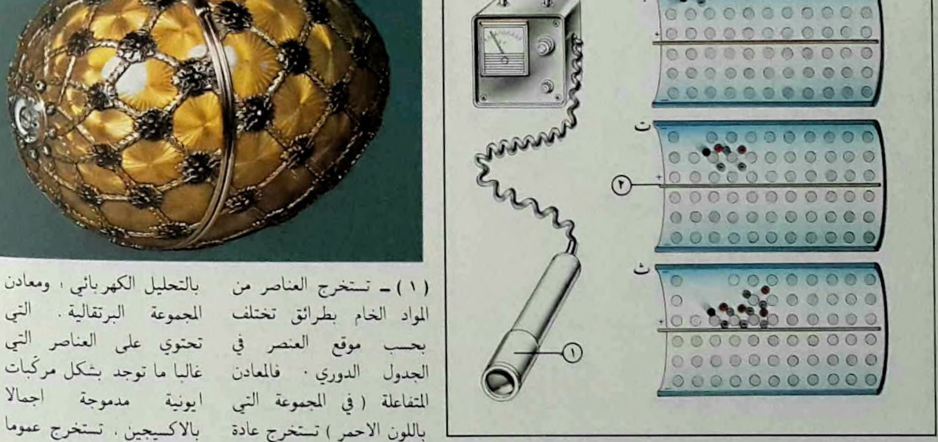
العناصر (س) وتفاعلاتها

يتكوّن كل غلاف إلكتروني من احجام

١

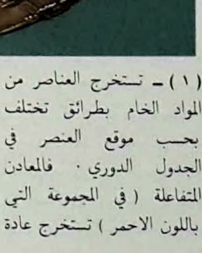
لث	بير											ب	ك	ن	أ	فل	ني
ص	مغ											لو	س	فو	كب	كل	جو
بو	كا	سك	تي	فا	كر	م	ح	كو	سك	نح	خ	جا	جر	ز	سل	بر	كير
بيد	سر	يتر	كن	نيب	مو	شك	ثم	يو	بلد	ف	كد	ند	ق	پث	تيل	ي	نو
سز	با	لن	هف	تا	تن	يم	فر	يم	بلا	ذ	هغ	ثا	س	بز	بل	ستا	د

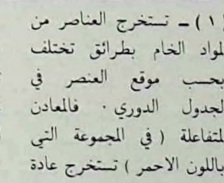
٢



٣







(١) ـ تستخرج العناصر من المواد الخام بطرائق تختلف بحسب موقع العنصر في الجدول الدوري · فالمعادن المتفاعلة (في المجموعة التي باللون الاحمر) تستخرج عادة بالتحليل الكهربائي ، ومعادن المجموعة البرتقالية · التي تحتوي على العناصر التي غالبا ما توجد بشكل مركّبات ايونية مدموجة اجمالا بالاكسيجين ، تستخرج عموما

مختلفة في الفضاء تدعى المدارات وتعرف بالمدارات **س** ، **ب** ، **د** ، **ف** . لكل من هذه المدارات طاقة اقوى من طاقة الذي تحته . العناصر التي ليس في غلافاتها الخارجية سوى إلكترون واحد او اثنين . يمكن جمعها في مجموعة واحدة تدعى مجموعة العناصر **(س)** . وذلك لأن المدار **(س)** وحده فيها يحتوي على إلكترونات . هذه العناصر هي . بالاضافة الى الهيدروجين والهيليوم : الليثيوم والبيريليوم والعناصر التي تأتي تحت هذين العنصرين مباشرة في الجدول الدوري (١) .

العناصر **(س)** التي لها إلكترون واحد فقط في غلافها الخارجي لها قابلية للتفاعل اقوى من قابلية العناصر التي لها إلكترونان . فاذا تركنا قطعة صوديوم تسقط في الماء . يكون تفاعلها من الشدة بحيث يشعل النار في قطعة الصوديوم ؛ اما اذا اسقطنا قطعة من المغنيزيوم في الماء الساخن . فلا يولّد تفاعلها

بالتحليل الكهربائي ايضا ؛ المجموعة الثالثة (بالاخضر المتلون) وهي مجموعة الكبريتيدات . يتم تحميصها ثم تختزل الاكسيدات الناجمة عن ذلك فتتحرر العناصر الصافية ؛ المجموعة الرابعة (الاصفر المتلوّن) تتكوّن من عناصر غير متفاعلة نسبيا . وتوجد صافية . او ضمن مركّبات ينفصل عنها العنصر عندما تسخّن الى درجة حرارة معيّنة ؛ عناصر المجموعة الخامسة (بنّي خفيف) هي لا معدنية وتوجد عناصرها صافية او كإيونات سالبة تتحول الى عناصر بالتحليل الكهربائي .

---

(٢) ـ يكشف عداد جيجر ـ موللر (أ) النشاط الاشعاعي في حجرة (١) تحتوي على ذرّات نيون تحت ضغط منخفض (ب) . تحتوي الحجرة على ذرّات نيون (رمادية) . تتأين بواسطة اشعة بيتا (سوداء) . لاعطاء ايونات موجبة (حمراء) والكترونات (زرقاء) . المجال الكهربائي **(ت)** حول الانود **(٢)** يسرّع الإلكترونات التي تصطدم بذرّات نيون اخرى **(ث)** وتشطرها لإعطاء إلكترونات اخرى تسجلها الانود .

---

(٣) ـ كثيرا ما توجد المعادن الثمينة خالصة في الطبيعة . هذا لا يقتصر فقط على معدني الذهب والفضة اللذين استعملا لعدة قرون في صناعة المجوهرات وفي الزخرفة . كما يظهر ذلك في بيضة فابرجيه هذه . بل يشمل ايضا معادن أخرى كالبلاتين والايريديوم .

---

(٤) ـ النيون عنصر غير متفاعل ؛ ومع ذلك يمكن استعماله لإعطاء اضواء ملوّنة (أ) . تصدم الأيونات الموجبة (١) إلكترودا سالبا وتسبب انفلات إلكترونات (٢) منه تذهب لتنشّط الإلكترونات التي في ذرّات النيون (٣) . عندما تعود الإلكترونات المنشّطة الى حالة « الهمود » السابقة (٤) . فأنها تبث ضوءا احمر . على نحو ذلك . يبثّ مصباح يعمل على بخار الزئبق (ب) ضوءا فوق بنفسجي (٥) يمكن لمادة فلوريّة (٦) ان تمتصّه . ثم تأخذ في اطلاق الطاقة على مراحل (٧) .



(٥) ـ كانت ماري كوري **(١٨٦٧ ـ ١٩٣٤)** اول من يفوز بجائزة نوبل مرتين ؛ واحدة في الفيزياء والأخرى في الكيمياء . فقد اكتشفت البولونيوم والراديوم . ويرجع اليها الفضل في الابحاث الاولى حول العناصر الاشعاعية .

الا ضوءا شديدا ليس اكثر ·

العناصر (د) :

عناصر الاتربة النادرة والفلزات

العناصر التالية : السكانديوم (**سك**) . اليثريوم (**يتر**) . اللانتالوم (**لن**) . والاربعة عشر عنصرا في سلسلة اللانتالوم الفرعية . يتأثر تصرفها الكيميائي كثيرا بالإلكترون الوحيد الموجود لديها في المستوى (د) · فجميع هذه العناصر من شأنها ان تتأيّن بفقدان هذا الإلكترون الوحيد من مدار (د) والإلكترونين الموجودين في المدار (س) . فيصبح لأيونها شحنة موجبة قدرها + ٣ · جميعها ايضا قابلة للتفاعل الى حد ما . وهي كلها نادرة في الطبيعة · الآ ان بعض هذه الاتربة النادرة ـ العناصر التي مدارها (د) فارغ ـ وجدت لها اوجه استعمال عدة في الصناعة . كصناعة النظارات الملوّنة مثلا ·

٦

٧



٨



(٦) ـ يظهر على المركّب لون خاص . عندما يمتص الضوء الابيض (مزيج من جميع الالوان) . وذلك لأنه يعكس انتقائيا بعض الالوان دون سواها · كثير من املاح المعادن الانتقالية كالحديد والنيكل هي ملونة · يتوقف اللون الصحيح على الذرّات الأخرى الموجودة في المعدن · وفّرت مركبات الكروم للرسامين صباغا اصفر لعدة قرون · ها هي لوحة « دوار الشمس » للرسام العالمي فان غوغ مثل بارز على استعمال هذا الصباغ ·

(٧) ـ المغنيزيوم هو احد العناصر المتفاعلة · فهو يحترق فيعطي لهبا قويا ابيض · كان يستعمل لاعطاء « الومضات » في التصوير الفوتوغرافي · وهو يستعمل اليوم في الشعل التي تحترق تحت الماء ·

(٨) ـ تم اكتشاف التنجستن عام ١٧٨٣ على يد الاخوين فاوستو ودون خوان دلهويار · يبيض سلك رقيق من التنجستن ويسخن عندما يمر فيه تيار كهربائي كما في هذا المصباح ·

(٩) ـ الكوبالت . احد المعادن الانتقالية . هو اساس لعدة صبغات زرقاء . واحد المقوّمات الهامة لبعض الجزيئات الحيّة · الا ان من اهم اوجه استعماله في السنوات الاخيرة « قنبلة الكوبالت » الطبيّة · يؤخذ احد النظائر المشعّة للكوبالت (كوبالت ـ ٦٠) . وهو يبثّ اشعة غاما بطاقة عالية . ويصوّب اشعاعه المدمّر للخلايا على مواقع الورم الخبيث في جسم المريض · وهو يستعمل بكثرة في المستشفيات لمعالجة السرطان وايقاف نموّه ·

(١٠) ـ عُرفت عناصر كالحديد والرصاص منذ التاريخ القديم · وقد استخرج الخيميائيون عناصر أخرى

من هذه الفئة . لدينا سلسلة لها اهمية اكبر . هي سلسلة الاكتينيات . اذ ان بعض عناصرها . مثل اليورانيوم والبلوتونيوم . تستعمل كوقود للمفاعلات النووية · الا ان اهمية عناصر هذه السلسلة تنجم عن عدم استقرارية نواتها اكثر مما تنجم عن خصائصها الكيميائية ·

لباقي العناصر الانتقالية (٩) اهمية ايضا . لأنها جميعها فلزات . وللكثير منها اوجه استعمال صناعية واسعة النطاق وعديدة · لجميعها . ما عدا النحاس والفضة والذهب (٣) . إلكترونان في المدار الخارجي (س) ومن اثنين الى عشرة إلكترونات في المدار الواقع تحته . لكن مدارها (د) شديد الطاقة ·

العناصر (ب) وتصنيفها

الى يمين العناصر الانتقالية في الجدول الدوري تقوم العناصر (ب) · في المجموعات التي يتصدرها البورون والفحم (الكربون) والنيتروجين والاكسيجين . والفلورين والهيليوم . تكون المدارات الاشد فعلا في تصرف العناصر الكيميائي هي المدارات الثلاثة التي يمكنها ان تحتوي على العدد الاقصى من الإلكترونات وهو يساوي ٦ فقط · من يسار المجموعة الى يمينها تمتلىء المدارات بالإلكترونات تدريجيا حتى يمتلىء المدار (ب) بستة إلكترونات والمدار (س) باثنين . وهو التركيب المعروف بالبناء الثماني المميز للغازات النبيلة التي يتصدرها النيون · هذه الغازات لا تتفاعل . لكن الكيميائيين توصلوا مؤخرا الى تحضير مركبات تحتوي عليها ·

المجموعة التي يتصدرها الفلورين . والتي يطلق عليها اسم مجموعة الهالوجينات . تحتاج جميعها لإلكترون واحد كي يكتمل بناؤها الثماني . ويتم هذا لها بسهولة . فتولد ايونات ذات شحنة سالبة واحدة · اما المجموعة التي يتصدرها البورون والتي تحتوي على ألكترونين في (س) وإلكترون واحد في (ب) . فيظهر لديها ميل اشد نحو توليد الايونات . تماما كما هي الحال في المجموعة التي يتصدرها السكانديوم ·

٩



١٠

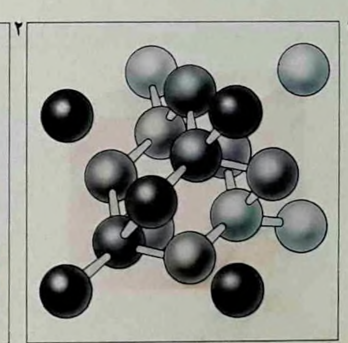


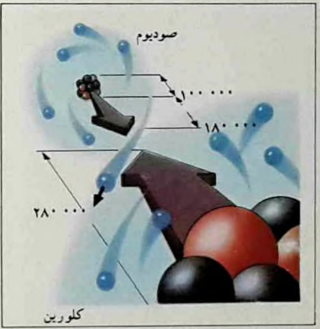
صافية من موادها الخام · حوالي عام ١٦٩٢) . وهو يظهر (في الرسم) الخيميائي يصلي بعد استخراجه هنيغ براند (الذي توفي للفوسفور لأول مرة ·

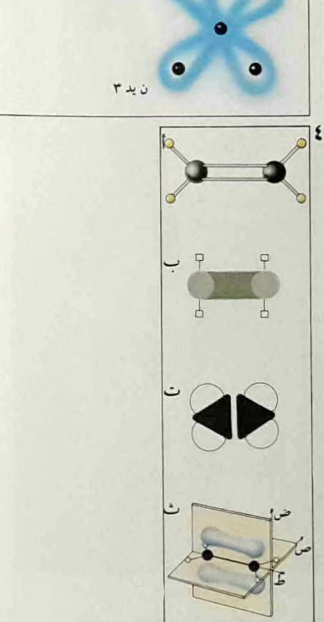
ترابُط الذرّات

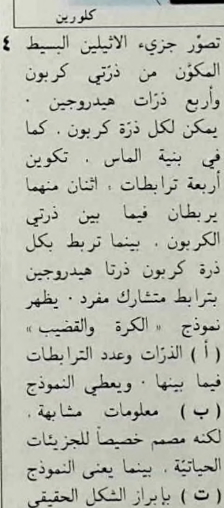
وجود البشر والكون الذي يعيشون فيه متوقف على ترابط الذرات لتكوين المركبات التي هي الجزيئات (١٠) · مثل هذه المركبات قد تحتوي على ذرّتين على الأقل ، كما انها قد تحتوي على آلاف الذرّات المترابطة · من حجارة البناء الاساسية هذه ، اي العناصر الاساسية التي لا يبلغ عددها المئة ، تمكّنت قوى الطبيعة من تكوين مئات الآلاف من الاجسام المركّبة ، كما توصل الكيميائيون فيما بعد الى تركيب اجسام عديدة اخرى ·

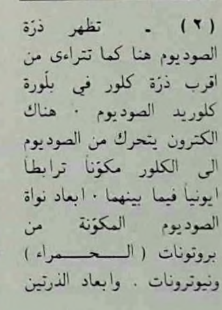
تتألف كل ذرة من نواة تحيط بها « غيمة » مؤلفة من الكترون واحد أو من عدد من الالكترونات · حين تقترب ذرّتان الواحدة











(١) - في الماس ، تترابط كل ذرة كربون ترابطاً متشاركاً مع اربع ذرات أخرى موزعة على زوايا شكل رباعيّ السطوح · يفسّر هذا الترتيب الخالي من الضغط (المترحرح) صلابة الماس ·

(٢) - تظهر ذرّة الصوديوم هنا كما تتراءى من اقرب ذرّة كلور في بلّورة كلوريد الصوديوم · هناك الكترون يتحرك من الصوديوم الى الكلور مكوّناً ترابطاً ايونياً فيما بينهما · ابعاد نواة الصوديوم المكوّنة من بروتونات (الحمراء) ونيوترونات . وابعاد الذرتين الكاملتين معطاة بالفمتومتر (وهو وحدة تساوي جزء من مليون مليون المليمتر .

(٣) - يحصل الترابط المتناسق عندما يتقاسم عنصران إلكترونين ينتميان الى واحد منهما · يظهر هنا « زوج منعزل » من الالكترونات في احد مدارات الأمونيا داخلاً في مدار مليء من مدارات ايون نحاسي . فينتج عن ذلك هذا النوع من الترابط المتناسق الذي تسمى مركّباته المركّبات المتناسقة .

(٤) - يمكن ايضاح الترابط الكيميائي بالصور بطرائق مختلفة · الرسوم تصوّر جزيء الاثيلين البسيط المكوّن من ذرّتي كربون وأربع ذرّات هيدروجين · يمكن لكل ذرّة كربون ، كما في بنية الماس ، تكوين أربعة ترابطات ، اثنان منهما يربطان فيما بين ذرتي الكربون ، بينما تربط بكل ذرة كربون ذرتا هيدروجين بترابط متشارك مفرد · يظهر نموذج « الكرة والقضيب » (أ) الذرّات وعدد الترابطات فيما بينها · ويعطي النموذج (ب) معلومات مشابهة ، لكنه مصمم خصيصاً للجزيئات الحياتيّة ، بينما يعنى النموذج (ت) بإبراز الشكل الحقيقي للجزيء ، والنموذج (ث) بتبيان توزيع المدارات ·

من الأخرى . تتفاعل الكتروناتهما . وبما ان هذه تحمل شحنات كهربائية سالبة فأنها تتنافر . لكن عندما تكون المسافة بين الذرتين قصيرة جداً . قد تجذب نواة كل ذرة الكترونات الذرّة الأخرى التي تكون على مداراتها في فضاء الذرة وبعيدة عن نواتها .

تكوين الترابط الكيميائي

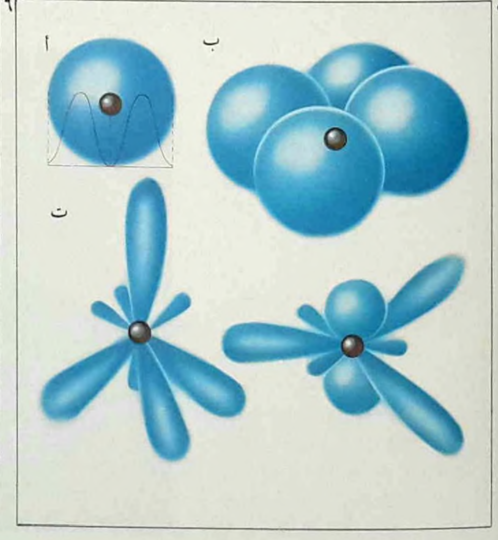
تفاعل قوى التجاذب وقوى التنافر هذه في الذرتين المتفاعلتين قد يؤدّي الى إعادة توزيع مدارات الالكترونات وانشاء مدارات جديدة تحيط بالنواتين وتجعلهما مترابطتين . بحدوث ذلك . ينشأ رابط كيميائي فيتكوّن جزيء . وتأخذ الالكترونات في هذا التأيّن الجديد مواقعها على مدارات جزيئية لا مدارات ذرّية .

تخضع الالكترونات في المدارات الجزيئية (٨) للقوانين ذاتها التي تخضع لها

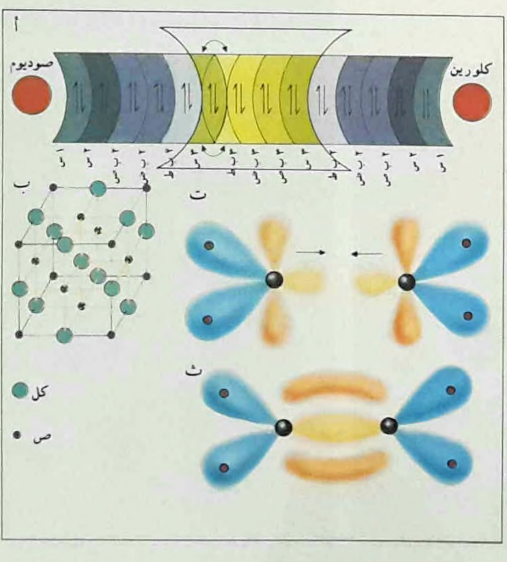
(٥) - تـــــــــوزع الالكترونات حول نواة الذرة على مدارات او في ما يسمى ميادين الاحتمال . فمدار الالكترون الوحيد في الهيدروجين هو كُرَويّ (أ) . بينما يشغل الكترونا الاكسجين الاثنان ميداني احتمال كرويين (ب) . تتوزع الكترونات الكربون الخارجية في اشكال متنوعة كالشكلين الظاهرين هنا (ت) .

(٦) - في الترابط الإيوني (أ) . تنتقل الالكترونات من مداراتها . كما تنتقل مثلاً من مدار الصوديوم ٣ س الى مدار الكلور ٣ ب . كثيراً ما تنتظم المركّبات الايونية في ترتيبات هندسية خاصة تكون فيها الشحنات الايونية متوازنة (ب) . لكن في الترابط المتشارك . تتقاسم النواتان الكتروني المدار الجزيئي الاثنين . لهذه المدارات اشكال خاصة . كالشكل في « الترابط المزدوج » (٤ الكترونات) الذي يربط فيما بين ذرات الكربون في الاثيلين (ت ، ث) . اما مدارات الكربون الأخرى . فهي مترابطة مع الهيدروجين.

٥



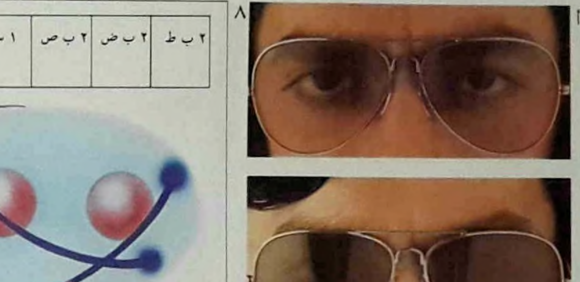
٦



الالكترونات في المدارات الذرّية . لذلك يمكننا ان نستعمل طريقة الخانات ذاتها التي ساعدتنا على معرفة توزع الالكترونات على المدارات الذرّية لمعرفة توزّع الالكترونات في المركبات الكيميائية .

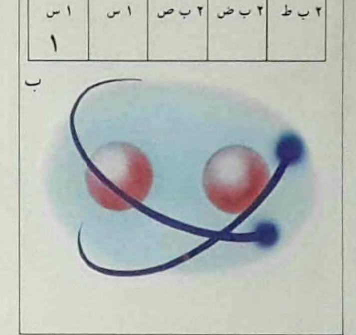
في ابسط انواع الترابط الكيميائي ، وهو ينحصر بخانة واحدة ، يكون على المدار الجزيئي الكترونان فقط . هذا النوع من الترابط ، الذي تتقاسم فيه النواتان الإلكترونين ، يدعى الترابط الاحادي المتشارك (٦) . في بعض الحالات ، قد يكون لذرة ما اكثر من الكترون واحد صالح للترابط . فاذا التقت هذه الذرّة بذرّة أخرى مماثلة لها ، قد ينشأ بين نواتيهما ترابطان اثنان او اكثر من الترابطات الأحاديّة المتشاركة .

يتوقف عدد الالكترونات التي يمكن ان تشارك في تكوين ترابطات كيميائية على



٧ أ

ب



٢ ب ط	٢ ب ض	٢ ب ص	١ س	١ س
				١

٨ أ

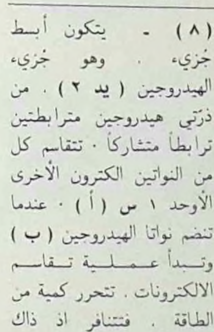
ب





٩





(٧) - عندما تترابط ذرتان تلقائياً لتكوين مركّب ، يجعل تحرر الطاقة هذا المركب مستقراً . يمكن عكس العملية باعطاء المجموعة طاقة . فالأملاح الفضية الخالية من اللّون ، المستعملة في النظارات الشمسية المتعتمة تلقائياً (أ) وفي خوذة رجل الفضاء (ب) ، تتخذ شكل ايونات فضية في قالب زجاجي . في ضوء الشمس ، يعتّم الزجاج ، لأن طاقة الضوء تفك الترابطات الايونية وتعيد تحويل الفضّة الى ذرّات معدنيّة . وبغياب الشمس ، تتكون مجدداً الايونات الخالية من اللون .

(٨) - يتكون أبسط جُزيء ، وهو جُزيء الهيدروجين (يد ٢) ، من ذرّتي هيدروجين مترابطتين ترابطاً متشاركاً . تتقاسم كل من النواتين الكترون الأخرى الأوحد ١ س (أ) . عندما تنضم نواتا الهيدروجين (ب) وتبدأ عملية تقاسم الالكترونات ، تتحرر كمية من الطاقة ، فتتنافر اذ ذاك

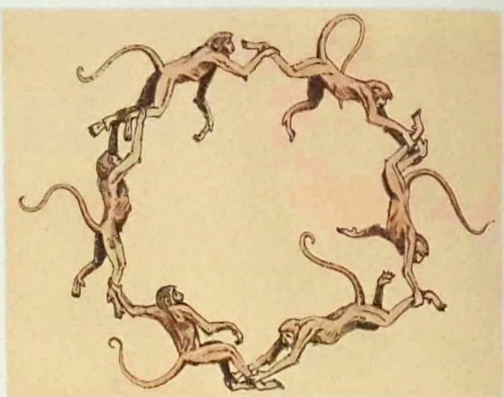
كيفية تركيب الغلاف الالكتروني . لهذا تكون العناصر ، التي لها مثل النيون والهيليوم غلافات خارجية مليئة تماماً ، غير قابلة للتفاعل ولا تدخل عملياً في تركيب اي مركَب .

تبادل الالكترونات

عندما تتقاسم ذرتان الكترونين ، يدعى الترابط بينهما ترابطاً متشاركاً **(١ ، ٨)** . الا ان لبعض الذرّات اكثر من غيرها قابلية لامتصاص الالكترونات او للتخلي عنها ، من اجل اقامة ترابطات ايونية جديدة . الذرّات الناجمة عن ذلك لا تكون محايدة ، بل تحمل شحناً كهربائية موجبة او سالبة (حسبما تكون قد فقدت او امتصت إلكترونات) وتدعى ايونات . فالكلورين مثلاً يحمل سبعة الكترونات في غلافه الخارجي ويحتاج الى الكترون واحد كي يكمل بناءه الثماني . فاذا امتص الكتروناً ثامناً ، يتحول الى ايون الكلوريد **(كل -)** ويحمل شحنة كهربائية سالبة . على عكس ذلك الصوديوم ، الذي يحمل الكتروناً واحداً في غلافه الخارجي ، فإن فقده ، يتحول الى ايون موجب **(ص +)** .

الترابط المتناسق

هناك طريقة أخرى لترابط الذرّات ببساطة . هذه الطريقة تعتمد الى حد كبير على طريقة الترابط المتشارك التي تكلمنا عنها ؛ الا انها تختلف عنها في ان الالكترونين في الترابط المتناسق يأتيان كلاهما من ذرّة واحدة ويحتلّان مداراً فارغاً تماماً على مدارات الذرّة الاخرى . للنيتروجين مثلاً خمسة الكترونات في غلافه الخارجي ، ويمكن لثلاثة منها ان تدخل في ترابط متشارك مع ثلاث ذرات هيدروجين لتكوين جزيء الامونياك **(ن يد ٣)** ، فيكتمل بذلك بناء النيتروجين الثماني . لكن يبقى في ذرة النيتروجين زوج من الالكترونات لم يدخل بعد في اي ترابط مع ذرّات الهيدروجين . فيمكن لهذا الزوج ان ينتقل الى ذرّات تفتقر غلافاتها الخارجية لزوج من الالكترونات ، كذرّات بعض المعادن .



١٠

النواتان الموجبتان بقوة تعمل بعكس قوة الترابط بين الالكترونات .

وهذا ما يبقي النواتين بعيدتين الواحدة عن الأخرى بمسافة ثابتة تقريباً ، وهي مسافة الترابط او الطول الترابطي . امثال هذه الجزيئات المؤلفة من ذرّتين تسمّى « ثنائية الذرة » .

(٩) - توصل الكيميائيون الى « هندسة » مركّبات اشد صلابة من الماس ، وذلك بتقليد بنيته الخالية من الضغط (المترحرحة) ، مثل كربيد التنجستن الذي يوضع على رأس الحفّارة المستعملة لحفر آبار الزيت .

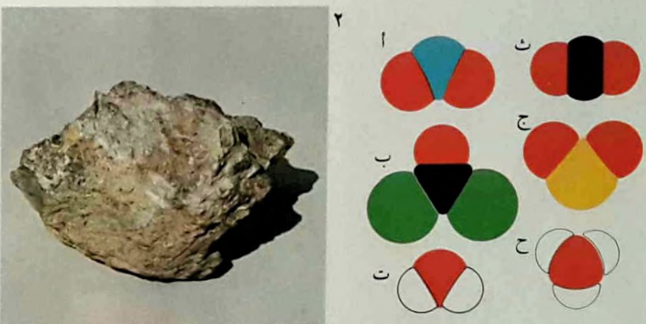
(١٠) - تنضم الذرّات لتكوين جزيئات . لم يصبح بالإمكان وصف ترابط الذرات بوضوح الا منذ اكتشاف الطبيعة التموجية للمادّة في الثلاثينات من هذا القرن . قبل هذا الوقت كانت طريقة ترابط الذرات من الألغاز ، وكان تصوُّرها من مبتكرات الخيال ، كما يظهر في هذا « النموذج » للبنزول . اما اليوم فيُصوَّر البنزول بمثابة حلقة سداسية مؤلفة من ست ذرات كربون .

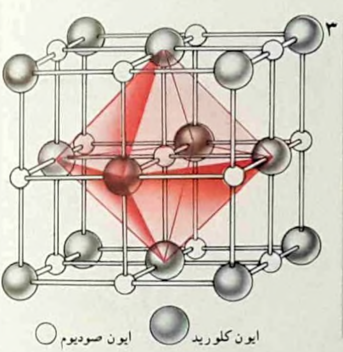
الجُزَيئاتُ البَسِيطةُ وبُنْيتها

يهتم البشر بالكيمياء بسبب المعلومات المفيدة التي يوفرها هذا الموضوع عن خصائص المواد المختلفة . ففهم بنية الجزيئات وطريقة تفاعلها فيما بينها يمكّننا من اختراع مركّبات جديدة مفيدة . كالادوية مثلا او مواد البناء او خيوط الاقمشة ؛ كما يمكّننا ذلك ايضا من التوصّل الى ادراك افضل لكيفية وصول ارضنا الى شكلها الحالي ولإمكانيات تطوّرها في المستقبل . كذلك من شأن كيمياء الارض (كما يسمّى هذا الفرع من العلم) ان يرشدنا الى مصادر جديدة للوقود والخامات والى طرائق جديدة لمعالجتها .

بنية الجزيئات

تتألف جميع المواد من جزيئات تتركب





(١) – في الجزيئات المترابطة ترابطاً تشاركياً ، المدارات الجزيئية الافرادية هي التي تبقي الذرّات المختلفة متماسكة ، بعكس الكومة الهندسية المتوازنة والمتراصّة في المركّبات الإيونية . فقوى التنافر هنا بين غيوم الإلكترونات المحيطة بالنوى المتجاورة تسبب اختلافا في الشكل حتى بين الجزيئات الصغيرة التي قد يبلغ اختلافها حدا بارزا . كما في الجزيئات العادية الستة التي في الرسم .

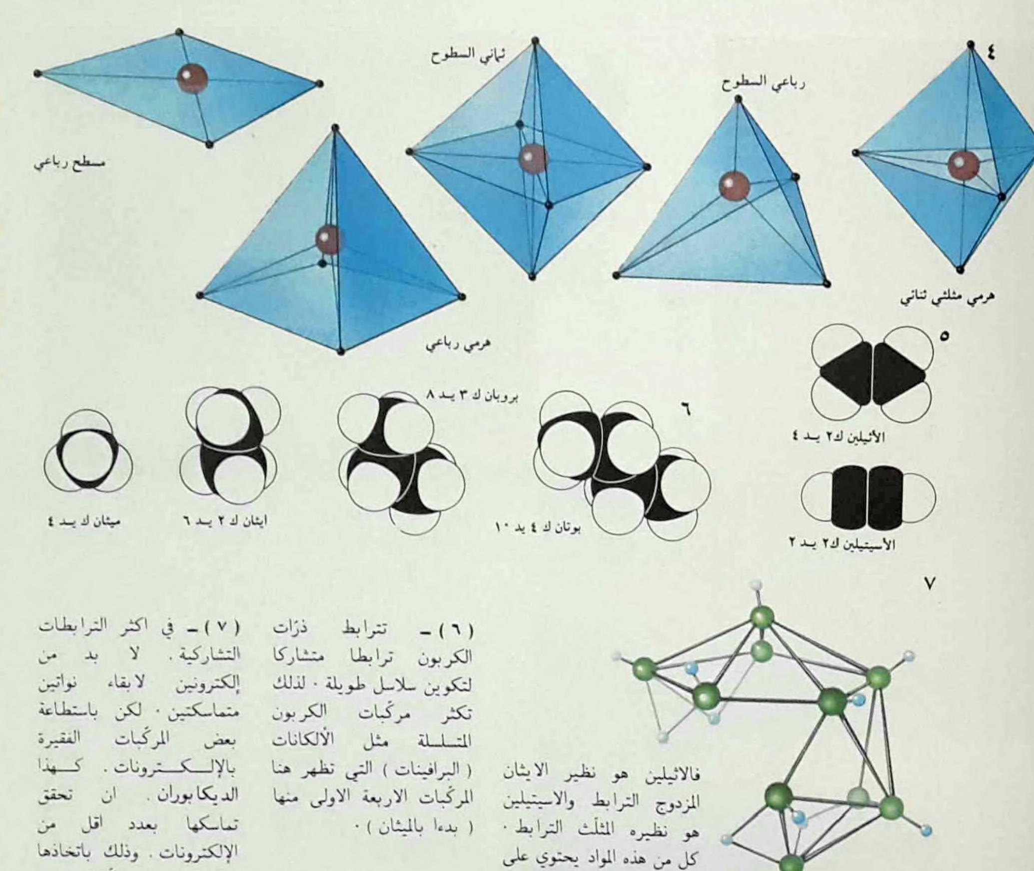
(٢) – يتوقف شكل اي جسم صلب ايوني بلّوري على حجم الإيونات التي يتكوّن منها وعددها . الآ ان بعض المواد الكيميائية المختلفة قد تظهر متشابهة . حتى لو اختلفت من حيث التركيب والبنية الجزيئية والخصائص الكيميائية . فكبريتيد الحديد مثلا ، الظاهر هنا ، يسمّى « ذهب المُغفّلين » بسبب الشبه القائم بينه وبين العنصر الاثمن منه بكثير ، الذهب الحقيقي .

(٣) – لكلوريد الصوديوم ، اي ملح الطعام المعروف ، بنية بلّورية مكعّبة بسيطة . يكون فيها كل إيون من الصوديوم (ص$^{+}$) محاطا بستة ايونات كلور (كل$^{-}$) . والعكس بالعكس . حول كل ايون ، تتوزع الايونات الستة ، ذات الشحنة المعاكسة لشحنته ، على زوايا شكل وهمي ثُمانيّ السطوح . القوة الرئيسية التي تبقي الإيونات في موضعها هي قوة التجاذب الكهربائية المتوازنة للإيونات المجاورة .

(٤) – يمكن للجزيئات ان تتخذ عددا متنوّعا من الاشكال الهندسية المختلفة . كلما وجدت في جزيء ذرّة مركزية تستطيع فيه الترابط مع عدد أو مع مجموعات من الذرّات الأخرى . مركّبات الترابط التناسقي ، حيث تقاسم الذرّة المركزية ذرّات أخرى إلكتروناتها ولا تساهم هي في الترابط بأي من إلكتروناتها الخاصة . تعطي الاشكال الهندسية العادية الظاهرة هنا . فأن يتخذ مركّب ، مكوّن مثلا من ذرّة كوبالت مركزية واربع ذرّات خارجية ، شكل مربّع مسطّح او شكل الرباعي السطوح ، ذلك يتوقف على تأثير الإلكترونات غير الداخلة في الترابط والمتصلة بالذرّات الأخرى الداخلة فيه .

(٥) – فضلا عن استطاعة ذرّات الكربون تكوين سلاسل بمجرّد ترابطات افرادية ، فبامكانها ايضا ان تترابط بمدارين جزيئيين او ثلاثة .

بدورها من ذرات افرادية · ان فهم بنية الجزيئات هو احد الوجوه الاساسية للمعرفة الكيميائية · يمكن القول ان الذرّة هي كيان « غير مادي » نسبيًا ؛ فهي كناية عن نواة صغيرة صلبة محاطة بإلكترونات تحتل ما يسمّى « بقطاع الاحتمال » · الجزيئات المركبة من هذه الذرّات تتكوّن في معظمها . هي ايضا . من مدارات إلكترونية (المدار الإلكتروني هو الحيّز الذي تحتلّه الإلكترونات في فضاء الذرّة) · رغم ان المدارات تحتوي على إلكترونين فقط كحد اقصى . فإنها غالبا ما يكون لها اتجاهات محددة في الفضاء . تعطي للجزيئات اشكالا خاصة قد يكون لها . في الجزيئات المعقدة . تأثير حاسم على تصرّف المادة . كما هي الحال بنوع خاص في الجزيئات البيولوجية التي تحتوي على الوف من الذرّات الافرادية المترابطة . مع العلم ان الجزيئات البسيطة ذاتها لها ايضا اشكال قد



فالاثيلين هو نظير الايثان المزدوج الترابط والاسيتيلين هو نظيره المثلّث الترابط · كل من هذه المواد يحتوي على ذرّتي كربون ·

(٦) – تترابط ذرّات الكربون ترابطا متشاركا لتكوين سلاسل طويلة · لذلك تكثر مركّبات الكربون المتسلسلة مثل الألكانات (البرافينات) التي تظهر هنا المركّبات الاربعة الاولى منها (بدءا بالميثان) ·

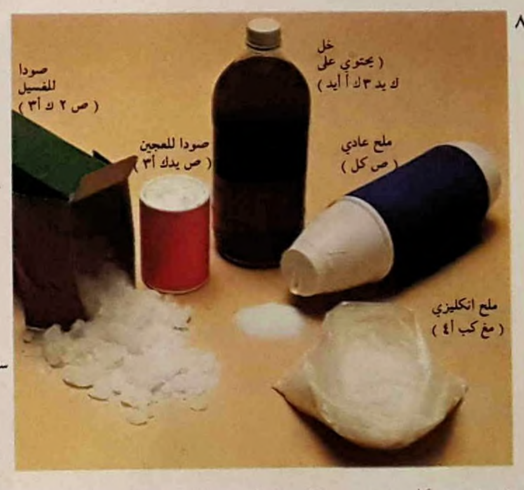
(٧) – في اكثر الترابطات التشاركية . لا بد من إلكترونين لابقاء نواتين متماسكتين · لكن باستطاعة بعض المركّبات الفقيرة بالإلكترونات . كهذا الديكابوران . ان تحقق تماسكها بعدد اقل من الإلكترونات . وذلك باتخاذها اشكالا هندسية محكَمة ·

تحدد خصائصها .

تتوقف بنيات المركَبات الإيونيَة (٣) على شحنة الايون الكهربائية وحجمها الايوني . يمكن مثلا اعتبار ايون الصوديوم كرة صغيرة لها قطر معيَن . ويمكن اجمالا استبدال إيون بآخر من عناصر مختلفة ، شرط ان يكون لهما شحنة كهربائية مماثلة وشعاعان متساويان . فعندما كانت الارض تتخذ شكلا مستقرًا بعد تكوينها ، كانت الصخور تتجمد تدريجيا انطلاقا من مواد منصهرة ، وكان الكثير من هذه الصخور الاصلية يحتوي على مركَبات بلَورية كانت اجمالا غير خالصة .

في مركبات الترابط التشاركي (غير الايوني) تكون الترابطات بين مختلف الذرَات مستقلة . مع ذلك بامكان هذه المركبات التشاركية تكوين بلَورات أيضاً .

٨



٩



١٠



(٨) - كل شيء حولنا مصنوع من مواد كيميائية اكثرها خلائط معقَدة . لكن هذه المواد المألوفة في المطبخ هي ، بالمقارنة ، مركَبات كيميائية بسيطة .

---

(٩) - تنتج مركَبات مختلفة التصرف ، عندما تترابط ، بطرائق مختلفة ، الاعداد ذاتها من الذرَات من الانواع ذاتها . هذه المركَبات تسمَى ايزومرات بنيوية ، لأن البنيات الاجمالية للجزيئات فيها مختلفة . منها ، على سبيل المثال ، الإثير الثنائي المثيل (أ) والكحول الأثيلي (ب) .

---

(١٠) - مقابل المركَبات الفقيرة بالإلكترونات ، هناك ايضا المركَبات التي فيها الفائض منها . لسنوات عديدة ، ساد الاعتقاد ان الغازات النبيلة (الهيليوم والنيون والزينون والكريبتون والرادون) لا تدخل في ايَة مركَبات ، على اعتبار ان غلافاتها الخارجية مليئة بثمانية إلكترونات . لكن نيل بارتلت اكتشف ، عام ١٩٦٣ ، ان الزينون يتفاعل لتكوين مركَبات بلَورية غنية بالالوان . ثم تطوَرت نظرية الترابط الكيميائي فبيَنت كيف لا يتعارض تكوين مثل هذه المركَبات مع اي قانون كيميائي . ومنذ ١٩٦٣ ، تم تركيب عدد كبير من مركَبات الزينون (تظهر هنا) والكريبتون في مختبرات في جميع انحاء العالم .

أشكال المركّبات التشاركية

يتوقف شكل جزيء الترابط التشاركي (١) على اشكال المدارات التي تحتلها الإلكترونات على الغلاف الخارجي للذرّات الافرادية ٠ يمكن تخيُّل جزيء الماء مثلا ، ـ وفيه ذرتا هيدروجين تترابط كل منهما افراديا بذرّة اكسجين مركزية ـ كثلاث ذرّات موصولة على خط مستقيم ٠ لكن ، فضلا عن إلكتروني الغلاف الخارجي للاكسيجين اللذين يشتركان في عملية الترابط ، هنالك اربعة إلكترونات اخرى في هذا الغلاف موجودة « كازواج معزولة » في مدارات مليئة ٠ فاذا ما اخذ تأثيرها على الإلكترونات المجاورة بعين الاعتبار ، يظهر أنها تعطي جزيء الماء شكلا له تقريباً شكل قطعة ماس (١ ـ ت) ٠

يتخذ الميثان (٦) ، حيث تحيط اربع ذرّات هيدروجين بذرّة كربون ، وحيث تشترك جميع إلكترونات الكربون الخارجية في عملية الترابط ، شكلا منتظما رباعيّ السطوح ٠ لبنية الامّونيا شكل وسطي بين الميثان والماء ، ففيها ثلاثة ترابطات هيدروجين ـ نيتروجين ولها مدار مليء يحتوي على « زوج معزول » من إلكترونات النيتروجين (١ ـ ح) ٠

المركّبات المتناسقة الترابط

تترابط « الازواج المعزولة » من الإلكترونات ، في جزيئات الماء والامّونيا ، احيانا ، مع ذرّات معدنية ذات مدارات فارغة ٠ بما ان للمدارات الفارغة في مثل هذه المعادن اشكالا محددة ، فالمركّبات التناسقية الترابط تتخذ اجمالا بنيات هندسية واضحة المعالم (٤) ٠

بامكان بعض الذرّات تكوين عدة ترابطات مع ذرّات اخرى ٠ لذلك يكثر حصول عدد من الجزيئات المختلفة المكوّنة من الخليط ذاته من الذرّات (٩) ٠

١١ أ

ب

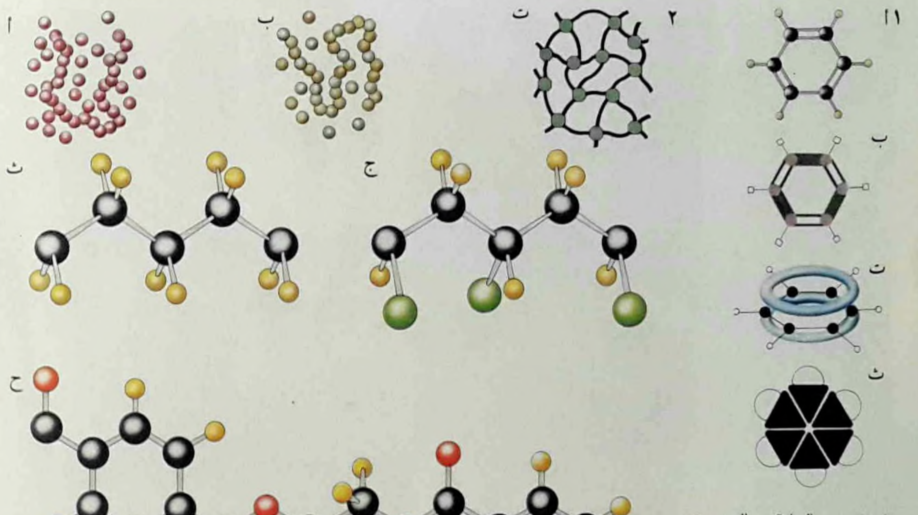
(١١) ـ لبعض المركّبات ، كالهكسان الدوري (سيكلوهكسان) ، شكلان يختلفان فقط بالطريقة التي تتم بها ترابطاتها الكيميائية ٠ يظهر في الرسم هذا المركّب بشكليه ، « الكرسي » (أ) « والسفينة » (ب) ٠ مثل هذه المركّبات توصف بأنها « تطابقات » ، فبامكانها ان تقفز من شكل الى آخر ، كما يمكن للشكلين ان يظهرا معا في عيّنة واحدة من المركّب ٠



(١٢) ـ هنالك مئات الالوف من مركّبات الكربون تم تركيبها في المختبرات الكيميائية في القرن العشرين ولم تكن معروفة في الطبيعة ٠ مبيدات الحشرات هي من ابسط هذه الجزيئات ، ولها اهمية تجارية ٠ فهي قد طُوّرت اساسا لحماية الغلال الزراعية ، وتستعمل ايضا لمساعدة هواة البستنة المنزلية ٠ الاجزاء الفعّالة في كثير من رذاذ المبيدات او مساحيقها (د ٠ د ٠ ت) هي جزيئات تحتوي فقط على دزّينة من الذرّات او على دزّينتين ٠

الجُزيئاتُ المعقدة وبُنيَتها

باستطاعة ذرّات الكربون الترابط فيما بينها باعداد كبيرة لاعطاء مجموعة متنوّعة وافرة من المواد المختلفة (٣) . اكثر المواد الكيميائية المعقّدة قائمة على الكربون ، وهذا لا ينفي ان بعض المواد المعقّدة المهمة ، كالزجاج ، لا تحتوي على كربون اطلاقا . كان الاعتقاد سائدا ، في وقت من الاوقات ، بأن اكثر مركّبات الكربون لا تتأتّى الا عن تفاعلات المواد الحيّة . لكن العلماء توصلوا فيما بعد الى تركيب بعض المواد الكيميائية العضوية في المختبرات : فصنعت اليوريا (العضوية) مثلا من سيانات الامونيوم ، وهو مركّب غير عضوي . واليوم تشكّل المواد الكيميائية العضوية ٥٠ ٪ من الانتاج الاجمالي



(١) ـ الحلقة البنزينية المؤلفة من ست ذرّات كربون هي احد اهم الجزيئات في الكيمياء العضوية . فكل ذرّة كربون فيها متّصلة بذرّة هيدروجين . وبامكانها اذن تكوين ثلاثة ترابطات اخرى مع ذرّتي الكربون المجاورتين . كان هنالك اعتقاد في ما مضى ان الترابطات الافرادية والثنائيه تحصل بطريقة متناوبة حول الحلقة البنزينية (أ ، ب) . مع انه لو كان ذلك صحيحا ، لما كان لجميع ذرّات الكربون القابلية التفاعلية الكيميائية ذاتها . المعروف الآن ان جميع ترابطات الكربون في الحلقة متساوية ، لأن المدارات الجزيئية (بالازرق (ت)) تنتشر حول الحلقة بكاملها . في (ث) تمثيل للشكل الحقيقي للجزيء .

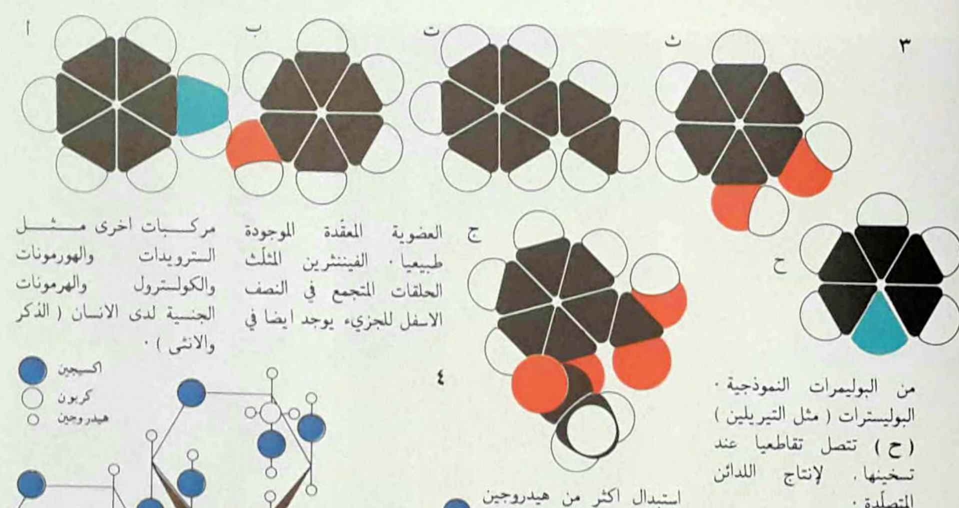
(٢) ـ تقع المواد البلاستيكية ضمن ثلاث مجموعات بنيوية ، البوليمرات والبوليمرات المشاركة واللدائن التي تصلد بالتسخين . يتألف البوليمر (أ) من وحدات مونومر متكررة مبنية في سلسلة . في البوليمر المشارك (ب) وحدات من اكثر من مونومر واحد . وفي اللدائن (ت) وصلات تقاطعية بين السلاسل . البوليثيلين (ث) وال ب . ف . ك (ج) هما

للصناعة الكيميائية ·

اساس صناعة المواد الكيميائية العضوية

تمّت الاكتشافات التي ادّت الى تطوير صناعة المواد الكيميائية العضوية في اواخر القرن التاسع عشر (٩) · فقد تبيّن انه يمكن الحصول على عدد كبير من المواد المفيدة من قار الفحم ، وهو نتاج ثانوي ناجم عن استخراج الغاز المنزلي من الفحم · هكذا لم ينته القرن التاسع عشر ، حتى كان قد تمّ صنع الصباغات والاسبيرين والسكارين والمتفجرات مثل الـ ت · ن · ت من المواد الكيميائية الناتجة عن قار الفحم ·

احد المقوّمات الاساسية للكثير من منتجات قار الفحم وللعديد غيرها من المواد الكيميائية العضوية المركّبة ، هو المجموعة المكوّنة من حلقة من ست ذرّات كربون مترابطة · وكما يحدث في كثير من



من البوليمرات النموذجية · البوليسترات (مثل التيريلين) (ح) تتصل تقاطعيا عند تسخينها ، لإنتاج اللدائن المتصلّدة ·

(٣) ـ في البنزين ، قد تحل محل ذرّات الهيدروجين مجموعات ذرّية اخرى · ففي الانيلين (أ) ، تحل مجموعة امينية (ـ ن يد$_2$) محل هيدروجين واحد ، بينما تحل محله في الفينول (ب) مجموعة الهيدروكسيل (ـ أ يد) ، وفي الستايرين (ت) (الذي يصنع منه البوليستايرين) سلسلة كربونية صغيرة ملتصقة بالحلقة البنزينية · يمكن ايضا استبدال اكثر من هيدروجين واحد ، فان الكاتيكول (ث) مثلا له مجموعتان من (ـ أ يد) ، بينما للاسبيرين (ج) مجموعتان مختلفتان لاصقتان بالحلقة · تبقى للبنزين البنية المدارية عينها احيانا ، حتى عندما تستبدل ذرّات الكربون ، كما يحصل في البيريدين (ح) ·

(٤) ـ الديجيتالين ، وهو من اوراق القمعية الارجوانية (انظر الرسم ٥) ، مثل نموذجي على المركبات العضوية المعقّدة الموجودة طبيعيا · الفينثرين المثلّث الحلقات المتجمع في النصف الاسفل للجزيء يوجد ايضا في مركبات اخرى مثل الستيرويدات والهورمونات والكولسترول والهرمونات الجنسية لدى الانسان (الذكر والانثى) ·

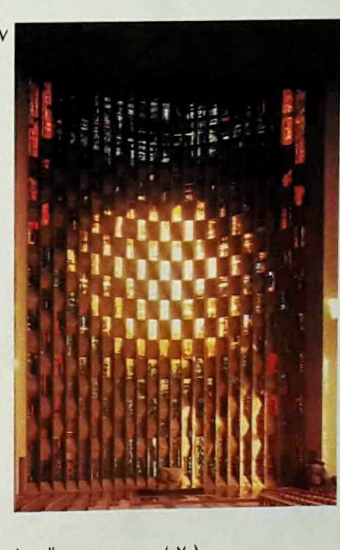
الجزيئات الأخرى . تقوم الترابطات الكيميائية بين ذرّات الكربون بدور المدارات الناقلة للإلكترونات .

ابسط هذه المركّبات هو البنزين الذي ترتبط فيه كل ذرّة كربون بذرّة هيدروجين (فتعطي الصيغة **ك**$_{٦}$ **يد**$_{٦}$) . كان البنزين يصنع اصلا من قار الفحم ، وهو يصنع اليوم خصوصا من البترول (١) . في بعض المركّبات تنصهر عدة حلقات بنزينية معا لتعطي ما يسمّى بالبنيات المتعددة الحلقات ، كالنفتالين (المستعمل لمكافحة العثّ) والبنزبيرين (وهي مادة كيميائية تسبب السرطان) ومخدر **ل . س . د .** الذي يسبّب الهلوسة .

كثيرة هي المواد الكيميائية العضوية المعقّدة الطبيعية التي لا تحتوي على حلقات من النوع البنزيني ، بل هي مكوّنة ، بدلا من ذلك ، من سلاسل طويلة من ذرّات

٥

٦



٧



(٥) ـ كان الاعشابيون اول من حصل على الديجيتالين ، المنبه الكيميائي للقلب . وقد استخرجوه من اوراق القمعية الارجوانية .

(٦) ـ اضافة بعض مركّبات معدنية الى الوان الزجاج تعطيها لمعية خاصة (كاتدرائية كوفنتري) . لا ترتكز جميع البوليمرات المتصلة تقاطعيا على جزيئات عضوية ، ولعل الزجاج اقدم بوليمر اصطناعي .

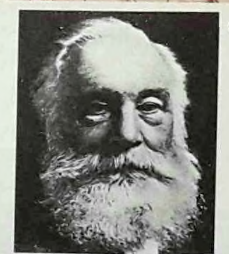
(٧) ـ يعنى الصيدلي الحديث بمئات من العقاقير . كان الصيدلي القديم يعرض في متجره صفوفا من القوارير الزجاجية المليئة بالصبغات وخلاصات النباتات . لا تزال تصنع اليوم البلاسم وكثير من الادوية المركّبة من محتويات هذه القوارير ، لكنها اصبحت تصنع من مواد كيميائية مصنّعة وليس من المستحضرات الطبيعية . ان ازدياد المعرفة بالجزيئات المعقّدة الموجودة في الطبيعة جعل الانسان قادرا على تقليد عمل الطبيعة وتحسينه في بعض الحالات . الادوية المصنعة والمطاط والصباغات هي عدد قليل فقط من المنتوجات التي اوجدتها عبقرية الانسان لتحلّ محل المواد الطبيعية .

الكربون ، مع ذرّات اخرى لاصقة بها ۰ تشتمل هذه الذرّات دائما تقريبا على ذرّات هيدروجين وغالبا على ذرّات اكسيجين ونيتروجين ايضا ۰ في عداد هذه المركّبات كثير من المنتجات الطبيعية المفيدة كالدهن والشمع والسكر والبروتينات ۰

البوليمرات التركيبية ومنتجاتها

لعبت الجزيئات العضوية دورا اساسيا في





(٨) ـ تلمّع الصبغات الحديثة هذا القطار بألوان متباينة ، ولم يعد صانعو الدهانات مرتهنين للمواد الطبيعية في صنع منتوجاتهم ۰

(٩) ـ حاول الكيميائي الانجليزي وليم بركين (١٨٣٨ ـ ١٩٠٧) صنع الكينين من الانيلين ۰ لكن الاختبارات التي اجراها عام ١٨٥٦ اعطت بالصدفة ، بدلا من ذلك ، الصبغ الانيليني الارجواني ۰ كان هذا اول صبغ اصطناعي ، اذ كانت حتى ذلك الوقت جميع الصبغات مركّبات طبيعية تستخرج من الحيوانات والنباتات ۰

احداث احد اهم التطوّرات الصناعية في القرن العشرين ، وهو صنع البوليمرات التركيبية واستعمالها على نطاق واسع في المواد البلاستيكية والمطاط والخيوط ۰ البوليمر هو تعبير عام يستعمل للدلالة على اي جزيء كبير ينشأ عن ترابط متكرّر للوحدة الجزيئية الصغيرة المسمّاة مونومر مع ذاتها ۰

المطاط الطبيعي هو بوليمر ضم ، كما هي ايضا الانواع العديدة الاخرى من المطاط التي صنعها الانسان خلال العقود الاخيرة ؛ بينما العديد من الخيوط الاصطناعية هي بوليمرات حذف او تكثّف (حيث تحذف الماء) ، كما هي ايضا نظائرها الطبيعية كالصوف والقطن ۰

المواد اللدنة (٢) قد تكون ليفية او مطاطية او شفافة او صلبة او غير شفافة او مرنة ۰

ترابط ذرّات السيليكون

في الجدول الدوري للعناصر ، يقع السيليكون تحت الكربون مباشرة ، مما يجب ان يستتبع منطقيا تشابها بينهما في الخصائص الكيميائية ۰ لكن كبر حجم ذرّات السيليكون يحول دون ترابطها فيما بينها لتكوين سلاسل طويلة ۰ مع ذلك ، تتكوّن البوليمرات المهمة ، المسماة سيليكونات ، من سلاسل طويلة تتناوب فيها ذرّات السيليكون وذرّات الاكسيجين ۰ السيليكونات المتوفّرة تجاريا هي اجمالا عضوية جزئيا ، وتتراوح بين المواد اللدنة المستعملة في الجراحة كقطع غيار صمامات القلب الاصطناعية ، وبين المواد العازلة المستعملة في الكابلات الكهربائية للغواصات ، مرورا بالشحوم وموانع التزليق ۰

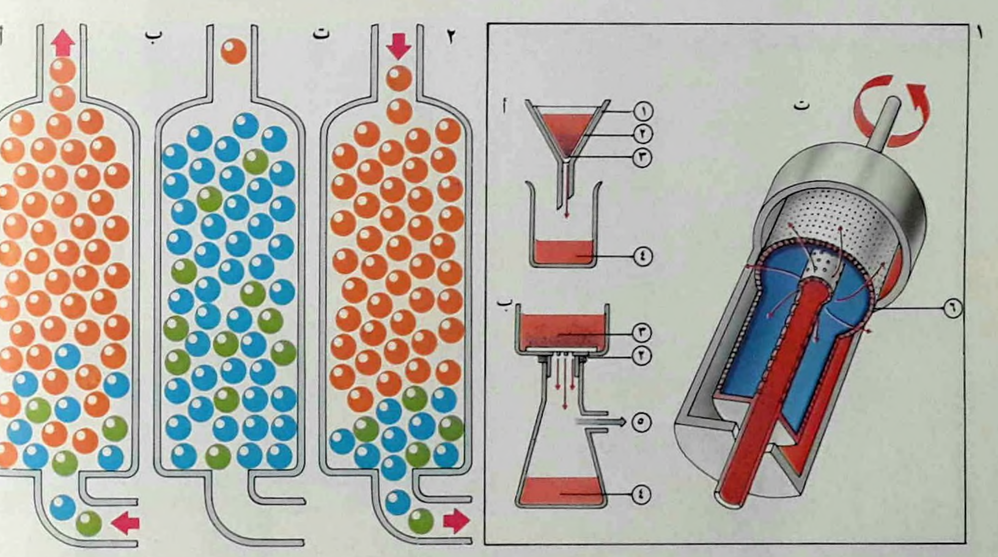
المحاليل الكيميائية

يوميا . يعمل ملايين الناس بصنع المحاليل · العديد منهم يبدأون ذلك مع تناول الفطور . عندما يذوّبون السكر في الشاي او القهوة · اصبح هذا العمل مألوفا بحيث لم يعد يلفت النظر · لكن اين يذهب السكر عندما يذوب ؟ ولماذا لا يذوب ايضا مقدار ملعقة من الرمل عندما يحرّك في سائل ساخن ؟

في التعبير الكيميائي . يعرّف المحلول بأنه خليط متجانس من اصناف مختلفة من الجزيئات ؛ ومحك التجانس هو ان تختلط انواع الجزيئات المختلفة اختلاطا كاملا . لا كما يختلط الرمل والماء ·

المواد المذابة والمذيبة

تعتبر المحاليل عادة اجساما صلبة مذابة في



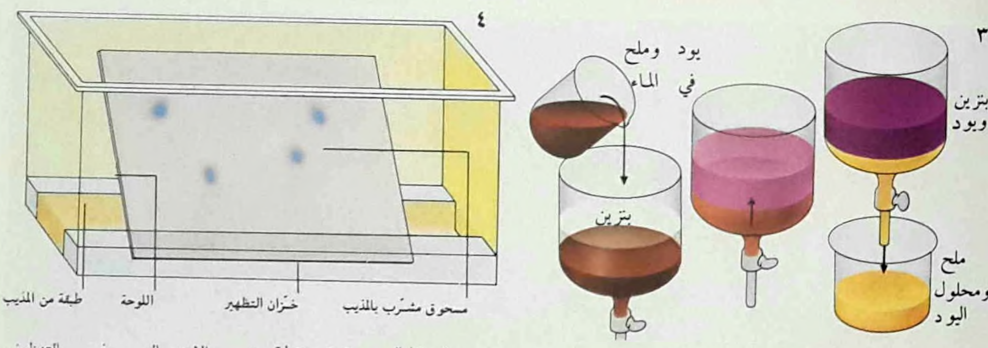
(١) – بالترشيح تزال الجسيمات الصلبة من المحلول · يوضع خليط (أ) في قمع ترشيح (١) فيرشح من خلال ورق ترشيح (٢) بفعل الجاذبية الارضية ويترك ترسبا (٣) في القمع بعدما ينساب منه السائل الراشح (٤) · في قمع بوخنر (ب) تزاد فعّالية العملية ذاتها بالامتصاص (٥) · وفي المرشح الصناعي الدوراني (ت) يدفع دوران الاسطوانة بالخليط الى المرشح الشبكي الدقيق (٦) ·

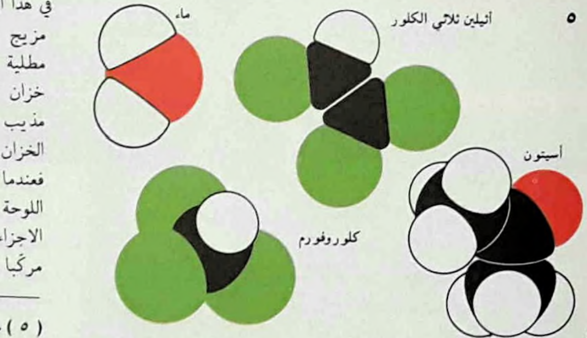
(٢) – في ملين المياه المنزلية . يجري الماء صعدا (أ) بينما ايونات الكلسيوم والمغنيزيوم (التي تسبب قساوة الماء) تستبدل بايونات الصوديوم · مع الوقت تستهلك ايونات الصوديوم بكاملها (ب) . فتجدد باستعمال كلوريد الصوديوم (ت) ·

(٣) –تختلف قابلية مادة ما للذوبان باختلاف المذيب · فإذا خلطنا معا مذيبين غير قابلين للامتزاج وحرّكناهما . تتوزع الاجسام المركّبة الموجودة فيهما بين مرحلتي السيولة · لنأخذ مثلًا على ذلك تحريك محلول يود وملح في الماء بعد خلطه مع البنزين . فماذا يحدث ؟ اليود يذوب في طبقة البنزين بينما يبقى الملح على حاله . فيصبح من الممكن هكذا فصل الملح عن اليود · بهذه الطريقة تنقّى مواد مختلفة عديدة ·

سوائل ؛ القهوة في الماء ، والسكر في القهوة ، والملح في ماء البحر (٧) ، ومادة التنظيف في ماء الغسيل ، واليود في صبغة اليود ، وكثير غيرها · لكن هنالك انواعا اخرى من المحاليل · فالغازات تذوب في السوائل ، كما في ماء الصودا · ونحصل على الكثير من المحاليل باذابة سوائل في سوائل اخرى ، كما يمكن ايضاً للغازات ان تذوب في بعض الاجسام الصلبة ؛ كذلك نجد محاليل اجسام صلبة في اجسام صلبة اخرى كما في سبائك المعادن مثلاً ·

للحصول على محلول ، لا بد من تفاعل بين العنصر الذي يذوب (المذاب) وذلك الذي يذوب فيه (المذيب) · فالسكر ، مثلا ، يوجد عادة على شكل صفوف بلّورية من جزيئات السكروز · لتذويب هذه الجزيئات ، لا بد لنا من طاقة لكسر الشبكة البلّورية ، كي تتمكّن الجزيئات من الانتشار بالتساوي





(٤) ـ يمكن ايضاً فصل مواد متنوعة بعضها عن بعضها الآخر ، وذلك باقتسامها بين صلب وسائل · ففي الكروماتوغرافيا مثلاً ، كما تدل على ذلك العملية الظاهرة في هذا الرسم ، توضع نقطة من مزيج من المواد على لوحة مطلية بمسحوق ماصّ داخل خزان التظهير المحتوي على مذيب (شرط ان يكون الخزان مشبعا ببخاره) . فعندما ينساب المذيب الى اللوحة يتفكّك المزيج الى الاجزاء الكيميائية التي كان مركّبا منها ·

(٥) ـ الشحنة الموجبة الطفيفة لذرّات الهيدروجين والشحنة السالبة الطفيفة لذرّات الاكسيجين تجعل من الماء وسطا ملائما لاذابة الاملاح غير العضوية . بينما يذيب كل من الاثيلين الثلاثي الكلور (الكثير الاستعمال في التنظيف الجاف) ، والكلوروفورم عددا كبيرا من المركبات العضوية · اما الاسيتون ذو الخصائص المتوسطة بين الماء والاثيلين الثلاثي الكلور ، فهو قادر على اذابة كل من المركّبات العضوية وغير العضوية ·

(٦) ـ بالرغم من ان المياه تغطّي ثلثي مساحة الارض ، فأن هنالك نقصا بالماء النقي الصالح للشرب في عدة بلدان · في هذا المصنع الحديث لتحلية المياه ، يتم تبخير الماء النقي من المحلولات كمياه البحر ثم تكثّف في خزانات كبيرة · يعاد المحلول الملحي الشديد التركز الى البحر ·

في جميع اجزاء المذيب · عندما تكون الماء هي المذيبة . فجزيئات المذاب تنجذب بفعل قطبية جزيء الماء · فذرّة الاكسيجين المركزية في (يد٢ أ) هي كهربائيا . سالبة قليلا . بينما ذرّتا الهيدروجين هما موجبتان قليلا · لذلك تبقى جزيئات الماء متجاذبة ؛ وهذا هو السبب في ان الماء يبقى سائلا في حدود درجة الحرارة العادية . بينما اكثر الجزيئات . التي هي بصغر جزيئاته . تكون غازيّة (٨) ·

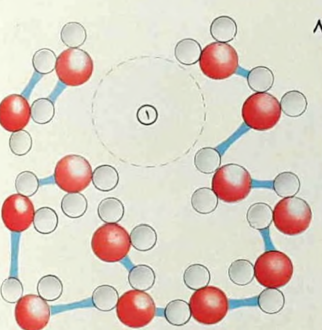
الجزيئات والمركّبات

لأسباب مماثلة . ولكن بفضل قوى جذب اضعف . تذيب الجزيئات غير القطبية كالهيدروكربونيات مركّبات غير قطبية اخرى كالدهون . بينما تعمل مواد التنظيف الحديثة بطريقة وسط بين نوعي التجاذب ؛ فقسم من الجزيء يذوب في الدهن . بينما يذوب القسم الآخر في الماء . فكأن الجزيء المنظف يعمل كصلة وصل بين الاثنين ليشتت الدهن في

٧



٨



(٧)ـ هنالك حد للكمية التي تذوب من مادة معيّنة في مذيب · عندما يتمّ بلوغ هذا الحد . يقال ان المحلول مشبع · اذا تبخّر قسم من المذيب او اذا هبطت الحرارة . فكمية المادة القابلة للذوبان تنخفض . فيترسّب الباقي جسما صلبا في المحلول · البحر الميت هو احد اكثر المحاليل المعدنية الطبيعية تركيزا . وقد تبلّر قسم منه في السابق عندما تدنّى مستوى المياه فيه ·

(٨)ـ جزيئات جميع المواد وذرّاتها في حركة دائمة مرتبطة بدرجة الحرارة · في السوائل . تحول الحركة دون تكوّن بنيات دائمة بين الجزيئات . لكن قوى التجاذب هي التي تتحكّم بالحجم الاجمالي · غير ان هناك وصلات موقتة (تظهر بالازرق) بين جزيئات الماء . تنشأ عنها فجوات مقفلة (١) تظهر وتزول باستمرار ·

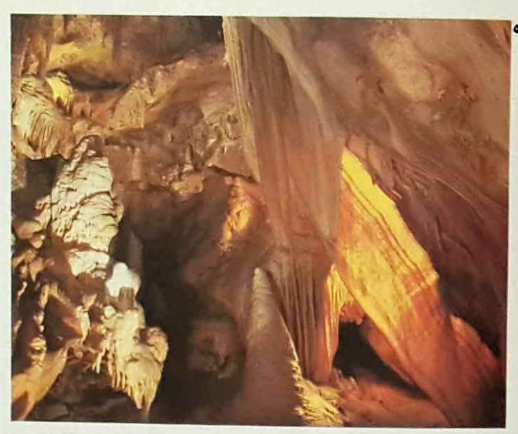
(٩)ـ تذيب الأنهر والسواقي كميات صغيرة من المعادن · تترسّب هذه المعادن في بعض الظروف المعيّنة بشكل مثير احياناً . كما يظهر في هذه الهوابط والصواعد الجيرية التي تكوّنت خلال ألوف السنين في المغاور الجيرية في مختلف انحاء العالم ·

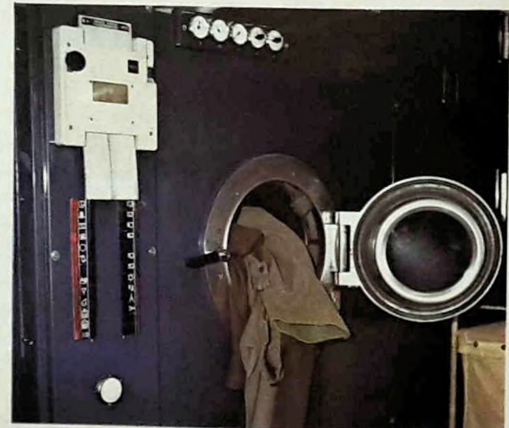
(١٠)ـ من شأن الغسيل العادي ازالة الاوساخ القابلة للذوبان في الماء ، لكن من الممكن جعله قادرا ايضا على ازالة الاوساخ غير القابلة للذوبان والتي يمكن استحلابها في الماء . وذلك باضافة مادة منظفة (الحليب مثل نموذجي عن مستحلب لا يمكن فيه فصل سائل عن سائل آخر بعد امتزاجه معه) · في التنظيف الجاف . تستعمل مذيبات عضوية · اكثر ما هو رائج من هذه المذيبات في التجارة جزيئات صغيرة تحتوي على هالوجينات . كالاثيلين الثلاثي الكلور · هذه المذيبات تذيب الدهون . الا انها تستعمل في آلات حاصة بسبب ابخرتها المزعجة ·

الماء .

تذوب بعض المركّبات ، كالكحول الاثيلي ، بطريقة كاملة ، اما في الماء او في الهيدروكربون ، وهما مادتان لا تذوب احداهما في الاخرى . وتبدي بعض المركّبات الاخرى تفضيلا لمذيب قطبي على مذيب غير قطبي والعكس بالعكس ، بحسب بنيتها الكيميائية .

اذا اذيبت الكمية القصوى الممكنة من


٩


١٠

جسم صلب في ماء يغلي ، فأن قسما منها يتبلّر عندما يبرد الماء . اذا لم يحدث ذلك ، يقال ان المحلول هو فوق المشبع . وهذا هو اساس عدة اختبارات لصنع بلّورات ضخمة في المختبرات .

عندما يذوب صلب في سائل ، فذوبانه له تأثير في هذا السائل يظهر بطرائق متنوعة : فالماء النقي مثلا يتجمد بدرجة صفر سلزيوس (٣٢ْ ف) ويغلي بدرجة ١٠٠ْ س (٢١٢ْ ف) ، بينما نقطة تجمد محلول الملح العادي هي ادنى من الصفر س . فذوبان الملح في الماء يخفض درجة تجمد الماء . لذلك ، ترشّ الطرقات بالملح اثناء فصل الشتاء لمنع حدوث الجليد فيها .

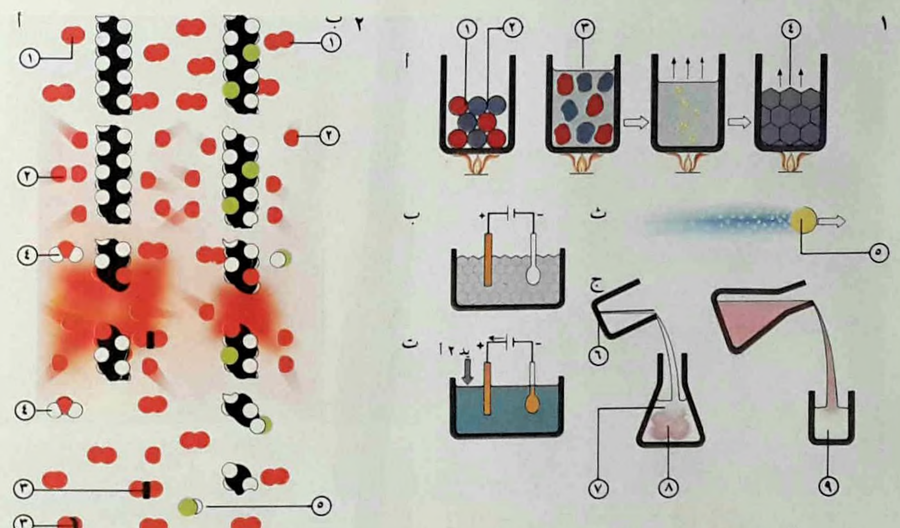
الضغوط التناضحية

احدى الخصائص المهمة للمحاليل هي قدرتها على القيام بضغط تناضحي . فاذا وضع محلول في غشاء من نوع معيّن ثم جعل مذيب خالص يمسّه ، فجزيئات هذا المذيب تنتقل الى المحلول من خلال الغشاء ، جاعلة المحلول اقل تركّزا . من جهة اخرى لا تستطيع جزيئات المذاب النفاذ من الغشاء ، لذلك يسمّى الغشاء نصف نفيذ .

التناضح امر حيوي حاسم للعديد من الكائنات الحية . فامتصاص شعيرات جذور النباتات للماء مثلا يتوقف على التناضح . فاذا كان تركّز المادة المذابة في خلايا النبتة اشد مما في الماء المحيط بها ، فأنها تمتص الماء ؛ بينما ، اذا كان العكس صحيحا (مثلا في الاتربة الشديدة الملوحة) ، فالنباتات تخسر ماءها ، فتموت .

التفاعلات الكيميائية الأساسيّة

لنتصوَّر حيّزا مغلقاً تكون فيه مضغوطتين معا كمّية من الهواء وكمية من البخار العضوي المؤلف خصوصاً من الهيدروكربونيات . - تتألف جزيئات الهيدروكربونيات من عدة ذرّات كربون مترابطة فيما بينها ومرتبطة بعدد من ذرّات الهيدروجين - ثم دعنا نولّد شرارة في المزيج . ففي لحظة ، تنفك الترابطات التي بين الكربون والهيدروجين والتي بين الكربون والكربون وتحل محلها ترابطات كيميائية تندمج فيها هذه الذرّات مع اكسيجين الهواء ، فيحدث انفجار ، اذ يكون تفاعل كيميائي قد تمّ . يتكرر مثل هذا التفاعل الخاص ملايين المرات في اليوم في اكثر انحاء الارض ، اي في كل مكان



(١) . لا يكفي تسخين (أ) كبريتات الالمنيوم (١) وكبريتات البوتاسيوم (٢) كي يتفاعلا ، لكنهما يترابطان اذا اذيبا في الماء ايضاً (٣) . اذا استمر التسخين حتى التبخر ، يتكوّن حجر الشب (٤) . لا توصّل بلورات كبريتات النحاس الجافة (ب) التيّار الكهربائي . لكنها اذا اذيبت في الماء (ت) يصبح تحليلها الكهربائي ممكناً . قد تتفاعل المعادن مع سائل (ث) ، فحبّة الصوديوم (٥) التي تسقط في الماء تذوب . فتولد هيدروجينا . تتفاعل السوائل بسهولة (ج) . فاذا اضيف الفينولفثالين (٦) الى محلول قلوي (٧) . فأنه يعطي محلولاً لونه احمر وردي (٨) . وعندما يضاف هذا الى محلول حامض . فاللون الوردي يختفي (٩) .

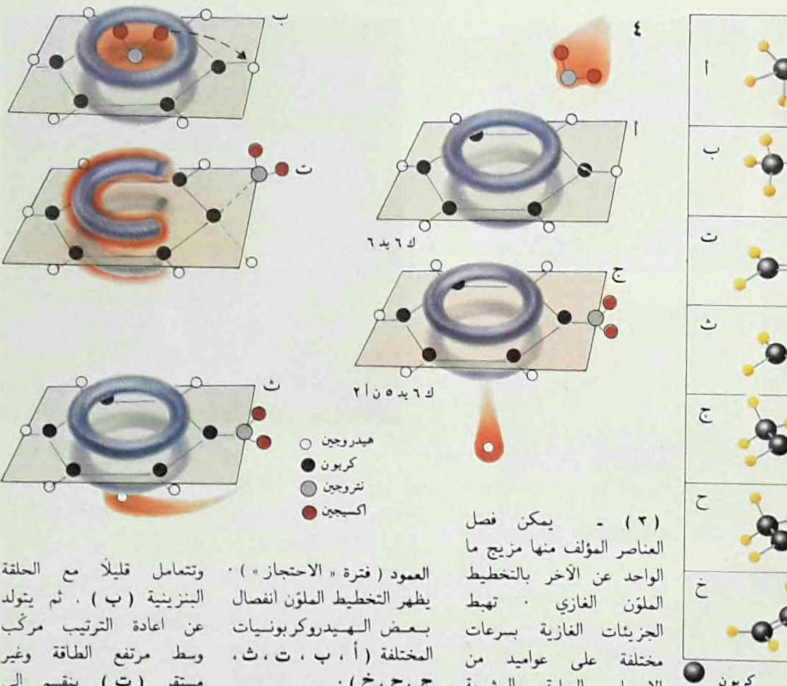
(٢) - تحترق جزيئات الوقود الهيدروكربوني (أ) بسهولة اكبر من سهولة احتراق جزيئات مماثلة استبدلت فيها بعض ذرات الهيدروجين بالكلور (ب) . عندما يمزج النوعان من الجزيئات بالاكسيجين (١) ويتعرضان لشرارة . يحترق النوعان ، الا ان الجزيئات التي تحتوي على الكلور تحترق ببطء اكثر . في الهيدروكربون . تفكك الشرارة جزيئات الاكسيجين الى ذرات اكسيجين متفاعلة (٢) . فتنضم الى الكربون والهيدروجين في الهيدروكربون . وتعطي ثاني اكسيد الكربون (٣) وماء (٤) . وتتولد حرارة كافية لابقاء التفاعل سائراً بسرعة . اما في المادة الممزوجة بالكلور . فتحصل تفاعلات اكثر تعقيداً وأقل سرعة .

تستعمل فيه محركات احتراق داخلي بترولية في السيارات والعربات الأخرى التي تدفعها المحركات ·

الطاقة الجزيئية

يحاول الكيميائيون الإجابة على الأسئلة التالية التي يطرحونها على انفسهم : كيف تتفاعل العناصر الافرادية ؟ بأي سرعة تتفاعل ؟ ما هي المواد الناتجة عن تفاعلها ؟

وكم يجب من « الاقناع » لحمل تلك العناصر على التفاعل ؟ ؛ او على مثل هذه الاسئلة ايضاً : لماذا ، مثلاً نحتاج الى شرارة لجعل الهيدروكربونيات التي تؤلف البترول تتفاعل مع الاكسيجين ؟ ولماذا ، رغم وجود عدد كبير من الشرارات ، لا تحترق غازات الانفلات كثاني اكسيد الكربون والبخار ؟ ولماذا تسبب الشرارة تفاعلاً انفجارياً في خليط من البترول والهواء ، بينما هي ان مست هذه الورقة لا



تعطي كذلك كلوريد الهيدروجين (٥) . لكنها تولد حرارة أقل ·

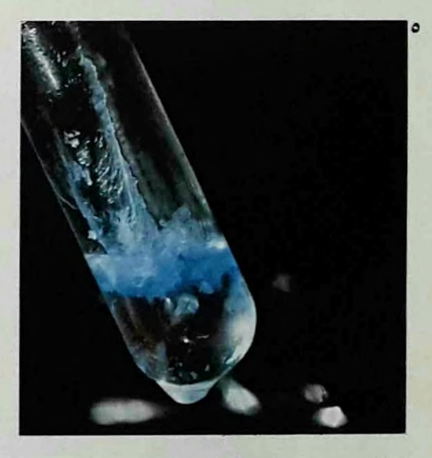
(٣) - يمكن فصل العناصر المؤلف منها مزيج ما الواحد عن الآخر بالتخطيط الملوّن الغازي · تهبط الجزيئات الغازية بسرعات مختلفة على عواميد من الاجسام الصلبة المشربة بالسوائل · ترسم كاشفات خاصة ، على مخطط بياني ، القمم التي تحدثها الجزيئات عندما تغادر العمود · يمكن غالباً تحديد هوية كل منها بالزمن الذي تستغرقه لاجتياز العمود (فترة « الاحتجاز ») · يظهر التخطيط الملوّن انفصال بعض الهيدروكربونيات المختلفة (أ ، ب ، ت ، ث ، ج ، ح ، خ) ·

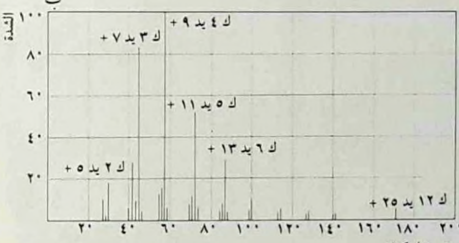
(٤) - تُحدث نترجة البنزين تفاعلا يمر بعدة مراحل ، في البدء (أ) تقترب المجموعة القادمة وتتعامل قليلاً مع الحلقة البنزينية (ب) . ثم يتولد عن اعادة الترتيب مركّب وسط مرتفع الطاقة وغير مستقر (ت) ينقسم الى مجموعة متشابكة (ث) تكون فيها المجموعة المغادرة تتعامل قليلاً مع الحلقة البنزينية ، ينتهي الامر بخروج المجموعة المغادرة (ج) ·

تحدث فيها الا حرقاً صغيراً ؟ ولماذا ، اذا اخذت الورقة بالاحتراق ، تحترق تتابعاً بدلاً من الانفجار ؟

تتوقف الاجوبة على جميع هذه الاسئلة على معرفتنا لطاقات الجزيئات المختلفة . فالعالم مليء بالجزيئات وليس بالذرّات المنفردة غير المترابطة . لأن التفاعلات الكيميائية تحرر مقداراً من الطاقة وتجعل المركب الناتج عنها اكثر استقراراً . هذه القاعدة تنطبق ايضاً على التفاعلات الجزيئية . فاذا حدث تفاعل تلقائي ، ينجم عنه تحرير للطاقة وتظهر جزيئات جديدة اكثر استقراراً .

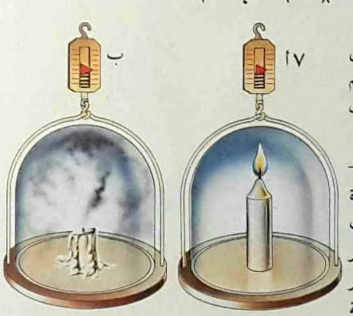
نظرياً ، يمكن جعل الماء وثاني اكسيد الكربون يتفاعلان لتكوين البترول والاكسيجين . لكن بما ان جزيئات البترول والاكسيجين ضعيفة الاستقرار ، لا بد من كمية كبيرة من الطاقة لاحداث هذا التفاعل .





(٥) - يحدث تفاعل عندما تسقط قطرات من مادة قلوية على ملح النحاس . هذا التفاعل ترسبي (واحد من عدة انواع مختلفة من التفاعلات التي تحدث في الكيمياء) . احدى المهمات الرئيسية للكيميائي هي اكتشاف طريقة تفاعل المواد المختلفة الواحدة مع الأخرى .

(٦) - في مقياس طيف الكتلة . (أ) تُنزع الالكترونات الخارجية عن مركّب ما في غرفة التأيين (١) . يتم ذلك بأن تنقل الايونات المشحونة ايجاباً الى غرفة مجاورة مفرّغة (٢) ، وتخضع لفعل مجالات كهربائية (٣) ومغنطيسية (٤) . ان الطريقة التي بها تنحرف الايونات في هذه المجالات هي ما يميّز ايونا عن الآخر ، بحيث يمكن تحديد هوية كل ايون بموقعه على لوحة فوتوغرافية (٥) . فجزيء مثل جزيء « ن - دوديكان » ينقسم الى عدد من القطع تشكل « قمماً » متنوعة على رسم بياني (ب) . ومن موقع هذه القمم يمكن تحديد هوية الجزيئات الأم بدقة .



(٧) - لا تُخلَق المادة ولا تفنى في التفاعلات الكيميائية . يمكن اظهار ثبات الكتلة هذا باختبار معروف تحترق فيه شمعة ضمن جرس زجاجي اخذ وزنه سابقاً (أ) . في نهاية الاختبار ، يكون ثقل الجرس ومحتوياته (ب) مساوياً لثقله عند بدء التجربة ، رغم ان جزءاً من الشمعة قد « اختفى » .

قد يكون التآكل المعدني مثلاً افضل من هذا المثل · فكثير من المعادن تكون اكثر استقراراً عندما تكون مركّبات ، كالاكسيد والكبريتيد . مما تكون عليه عندما تكون معادن منفردة خالصة · يستطيع العلماء ، بتزويد بعض المركّبات المعدنية بالطاقة . استخراج معادن من بعض الخامات يصنعون منها عوارض فولاذية او ملاعق فضية · لكن هذه المعادن تتأكل تدريجياً ، اذا لم تكن محمية ، اي انها تكوّن تلقائياً مركّبات . كأكسيد الحديد (الصدأ) او كبريتيد الفضة (الفاقد اللمعيّة) . تكون اكثر استقراراً من المعادن الخالصة ·

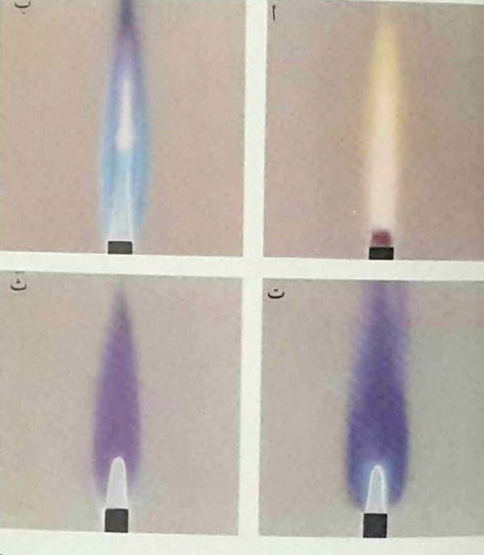
انواع التفاعلات

هنالك انواع متعددة جداً من التفاعلات · الا انه يمكن ارجاعها جميعاً الى فصائل بسيطة · ففي بعض التفاعلات . تعيد مادة افرادية ترتيب ترابطاتها الكيميائية لتكوّن مادة افرادية مختلفة (اعادة ترتيب) ؛ في حالات اخرى . قد تنشطر المادة الى جزئين او اكثر (تحلّل او تجزئة) ؛ على عكس ذلك . بامكان مركّبين . واحياناً اكثر من اثنين . الانضمام لتكوين مركّب جديد واحد (ضمّ) . وفي اغلب الاحيان لتركيب عدد كبير من المركبات الجديدة ·

متطلبات التفاعل

عندما تشترك مواد مختلفة في اطلاق التفاعل ، لا بد ان تتصادم فيزيائياً لتفسح المجال لاعادة ترتيب الترابطات · وهذا ما يشرح لماذا توضع بعض التفاعلات تحت ضغط عال ، كما في محرّك السيارة ؛ فحشد الجزيئات في مكان ضيّق يزيد من احتمال تصادمها ·

يستعمل الكيميائيون اليوم مجموعة كبيرة من التقنات المختلفة (٣ ، ٦) لمراقبة التفاعلات اثناء حدوثها ولتحديد هويّة المنتجات المختلفة · بعض هذه التقنات ، كرنين الدوران النووي ومطيافية موسباور . يعتمد على ظاهرات فيزيائية تم اكتشافها خلال الثلاثين او الاربعين سنة الماضية ·



(٨) - يحترق الاثيلين الخالص فيعطي . لهباً مشعاً (أ) بعد تفاعله مع الاكسيجين الذي حول اللهب · اما اذا كان ممزوجاً مع قليل من الهواء . فأنه يعطي لهباً ذا طبقات ثلاث متميزة هي ؛ مخروط داخلي من الغاز غير المحترق ، طبقة خضراء وزرقاء من الغاز المتفاعل الممزوج سابقاً ، واخيراً مخروط خارجي حيث تحترق بلهب منتشر المواد المؤكسدة (ب) · اذا اضيف اكسيد النيتريك الى المزيج . فكمية الاكسيجين المتوفرة للاحتراق العاجل تنقص . ويحدث اللهب (ت) الناتج سلسلة معقدة من التفاعلات كما في (ب) · لكن اذا اضيف الى المزيج الغازي مزيد من الهواء . فيختفي الانتشار (ث) ·

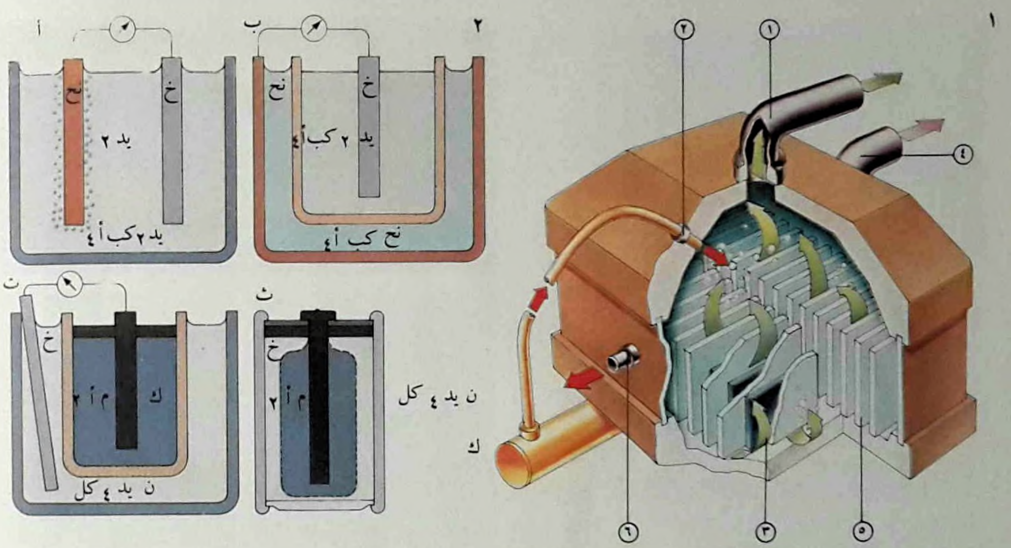
الكيمياء الكهربائية

تتصل الكيمياء بالكهرباء ·

الالكترونات جسيمات مشحونة سلباً ، تكوّن جزءاً من كل ذرّة · والكيمياء تعنى خصوصاً بتفاعلات الكترونات الذرات المختلفة · والتيار الكهربائي ليس سوى سيل من الالكترونات · فمن الطبيعي اذن ان

الأبحاث الأولى

سارت دراسات الكهرباء والكيمياء يداً بيد لمدة طويلة قبل ان يعرف أحد بوجود الالكترونات · فخلال القرن الثامن عشر ، ظهر اهتمام كبير بالكهرباء الساكنة ، ادّى الى اختراع وعاء « ليدن » (لتخزين « المائع الكهربائي » المتولّد بالاحتكاك) وموصّل

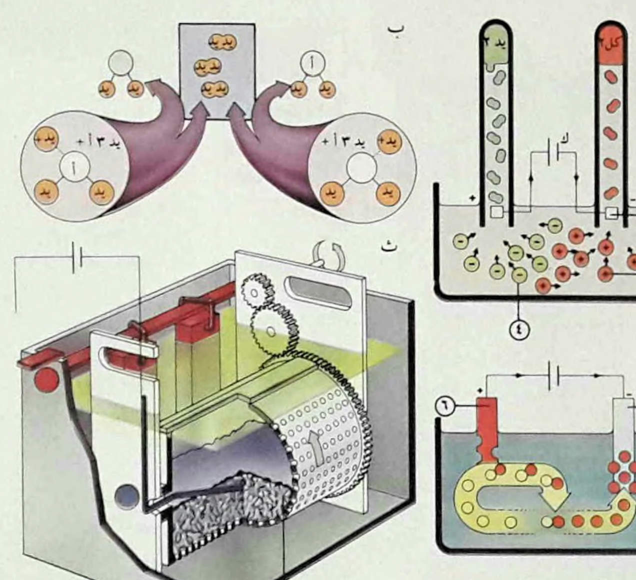


(١) - تحضَّر العناصر ، التي تأخذ او تعطي الالكترونات بسهولة ، من مركبات ايونية بواسطة التحليل الكهربائي · يمكن تحضير الكلور (١) مثلا بتحليل محلول كلوريد الصوديوم (٢) على انودات من الغرافيت (٣) · بالتحليل الكهربائي للماء ، ينطلق الهيدروجين (٤) عند الكاتودات (٥) ، ويبقى في المحلول صوديوم وايونات هيدروكسيلية تعطي محلول هيدروكسيد الصوديوم (٦) · يفصل قاطع بين العنصرين المحررين ، (الهيدروجين والكلور) لمنعهما من التفاعل معا وانتاج كلوريد الهيدروجين · كذلك ، تحفظ الايونات الهيدروكسيلية بعيداً عن الكلور بواسطة حاجب لمنعهما من التفاعل واعطاء هيبوكلوريت الصوديوم ·

---

(٢) - تتألف الخلية الفلطائية (أ) من وعاء يحتوي على حامض الكبريتيك (**يد٢ كب أ ٤**) علقت فيه انود من النحاس (نح) وكاتود من الزنك (خ) · عندما تغلق الدائرة ويجري التيار ، تنتقل ايونات الزنك من الكاتود الى الحامض ويترسب الهيدروجين (**يد ٢**) على الانود · من شأن الهيدروجين مبدئياً ان يحول دون حدوث التفاعل ، لكنه لا يستطيع ذلك في خلية دانيال (**ب**) التي وضع فيها كاتود الزنك وحامض الكبريتيك في وعاء نفيذ محاط بمحلول كبريتات النحاس (**نح كب أ ٤**) يقوم

البرق (حربة الصواعق) الّا ان اكتشاف التيار الكهربائي لم يتم حقيقة الا عندما تحقق الفيزيولوجي الايطالي لويدجي غالفاني (١٧٣٧ - ١٧٩٨) ، في أواخر القرن ، ان ساق الضفدعة يتقلص اذا مسّت اعصابها وعضلاتها بعض المعادن . على اثر ذلك ، اثبت فيزيائي ايطالي آخر ، السندرو فولتا (١٧٤٥ - ١٨٢٧) في عام ١٧٩٥ انه بالامكان الحصول على هذه « الكهرباء الحيوانية » من غير النسيج الحي . فقد قام بتكديس اقراص من النحاس والزنك تفصل بينها قطع قماش رُطّبت بمحلول الملح . فصنع بذلك اول بطارية كهربائية (٤) . خلال السنوات الخمس اللاحقة ، اكتشف في انجلترا ان التيار الناتج عن مثل هذه البطارية يستطيع تحليل الماء الى غازي الاكسيجين والهيدروجين . بذلك تم وضع أسس الكيمياء الكهربائية اذ اصبح من الممكن احداث تفاعل



بدور الانود . اما خلية ليكلانش (ت) والخلية الجافة (ث) . فلكل منهما انود من الكربون (ك) معلق في سائل ثاني اكسيد المنغنيز (م أ ٢) يحيط به سائل كلوريد الامونيوم (ن يد ٤ كل) . (ن يد ٤ كل) كما ان لهما ايضاً كاتوداً من الزنك .

(٣) - يمكن شرح التحليل الكهربائي بسهولة . يمر تيار كهربائي (أ) بين الكترودين من البلاتين (١) خلال المادة المحلّلة كهربائياً (الالكتروليت) (٢) . وهي من حامض الهيدروكلوريك المخفف . تتحرك الكاتيونات (٣) المشحونة ايجاباً باتجاه الالكترود السالب (الكاتود) . والانيونات (٤) نحو الالكترود الموجب (الانود) . تنضم ايونات الهيدروجين الى الماء لتعطي ايونات الهيدرونيوم (يد ٣ أ+) . وعندما يصل ايونا هيدرونيوم (ب) الى الكاتود ، يكتسب كل منهما الكتروناً ، فتتكون هكذا ذرات هيدروجين تترابط معاً فتعطي جزيء غاز . في الطلاء النحاسي (ت) ، يوضع النحاس المأخوذ من الكتروليت كبريتات النحاس على الجسم المطلوب طلاؤه (٥) بينما يسحب النحاس من الانود (٦) الى المحلول . وفي الآلة الحديثة البرميلية للطلاء بالكهرباء (ث) ، يمكن طلاء عدة اجسام صغيرة (٧) في آن واحد .



(٤) - بنى السندور فولتا ، استاذ الفلسفة الطبيعية في جامعة بافيا بايطاليا ، عام ١٨٠٠ ، « عضوا كهربائياً اصطناعياً » ، وهو جهاز وصفه بأنه يشبه العضو الكهربائي لسمك الرعاش . هذا العضو الكهربائي هو من اول البطاريات العلمية التي ظهرت الى الوجود .

كيميائي بين معدنين ومن ثم ، احداث سيل من الالكترونات ، اي تيار كهربائي ، يسبب هو بدوره تفاعلات أخرى ٠

غدت البطاريات بسرعة من التجهيزات المهمة في كل مختبر ، وأدّت الى عدّة اختراعات جديدة ، كعزل عناصر الصوديوم والبوتاسيوم الذي تم في العقد الاول من القرن التاسع عشر على يد همفري ديفي (١٧٧٨ - ١٨٢٩) ٠

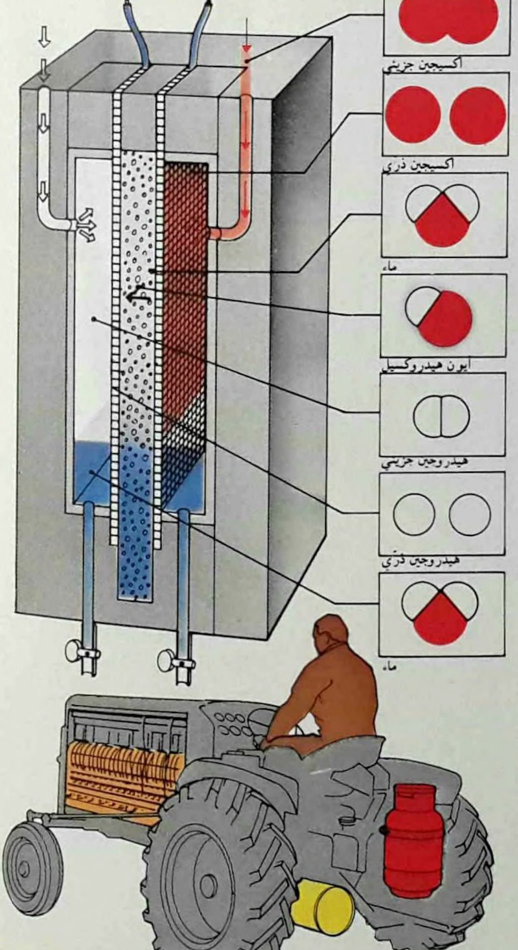
التفاعلات الكيميائية

اذا اخذنا الزنك الذي ، ككثير غيره من المعادن الاخرى ، يكوّن مركّبات ، نلاحظ انه يفعل ذلك بتخليه عن الكترونين اثنين مثلاً لانتاج ايون زنك موجب ثنائياً (خ + +) . لكن المعادن تختلف في السهولة التي تتخلى بها عن الكتروناتها ٠ فاذا وضعنا قطعة من معدن الزنك (الخارصين) في محلول كبريتات النحاس (الذي يحتوي على

(٥) - « خلية الوقود » ، كالبطارية ، تستعمل الطاقة المتولدة خلال التفاعل الكيميائي لانتاج القدرة الكهربائية ٠ الخلية الافرادية البسيطة تستعمل الاكسيجين والهيدروجين « كوقود » لتوليد الكهرباء ، ويكون الماء ناتجا ثانويا عن ذلك ٠ في هذه الحالة يوضع الالكتروليت في غشاء رقيق جداً ومشبع بالماء ، مما يسمح للايونات بالمرور من خلاله دون الذرّات والجزيئات ٠ الالكترودات هي شبكات اسلاك مطلية بالبلاتين ، تزوّد بجزيئات الهيدروجين والاكسيجين من خزانات غازيّة ٠ يحوّل البلاتين الكاتودي الاكسيجين الى ايونات هيدروكسيلية تمر من خلال الغشاء وتتفاعل مع الهيدروجين الذي على الانود فتعطي ماء ٠ تمر الالكترونات المنطلقة من الهيدروجين بالدائرة الخارجية لتساعد على تكوّن الهيدروكسيل عند الانود ٠ يمكن لبطارية مكوّنة من هذه الخلايا ان تسيّر جرافة مجهّزة بخزّانات وقود لحفظ الاكسجين والهيدروجين السائلين اما بحالة سوائل او بمثابة هدريد صلب ٠

(٦) - استمع مايكل فاراداي (١٧٩١ - ١٨٦٧) في شبابه الى محاضرات همفري ديفي في المعهد الملكي بلندن ٠ فقام بنسخ هذه المحاضرات وارسلها الى ديفي طالباً منه وظيفة ٠ من مساعد لديفي ارتقى الى ان اصبح استاذاً للكيمياء في المعهد الملكي واحتفظ بهذا المركز لمدة **٣٠ سنة** ٠ كان اكثر عمل فاراداي في الفيزياء وبنوع خاص في حقل الحث الكهرطيسي ٠ كذلك أسس علم الكيمياء الكهربائية باكتشافه العلاقات الكمية القائمة بين كمية الكهرباء التي تمر في محلول ومقدار المواد المترسبة من جراء ذلك ٠


٦



ايونات (**نح ++**) ، فان الزنك يعطي بعض الكتروناته للنحاس . فيتحول الزنك الى كبريتات الزنك المحتوي على ايونات **خ ++** ، كما تصبح ايونات النحاس نحاساً معدنيّاً .

عندما يأخذ احد العناصر الكترونات . فيصبح بذلك ايونا مشحونا سلبا . يقال انه اختُزِل . واذا خسر الكترونات ، فأصبح ايونا مشحونا ايجابا ، يقال انه تأكسد . اما التفاعل الذي يبطل فيه الاختزال والأكسدة بعضهما البعض الآخر . كما في تفاعل الزنك وكبريتات النحاس . فيسمى تفاعل الأخسدة . يستفاد من تفاعلات الاخسدة لتوليد التيارات الكهربائية .

حدّد مايكل فاراداي (٦) . خلال القرن التاسع عشر . العلاقات الكمّية بين الكهرباء والتفاعلات الكيميائية . يتم غالباً بالتحليل الكهربائي استخراج المعادن وطلاؤها الكهربائي وانتاج العناصر السالبة كهربائياً والقابلة للتفاعل كالكلور (١) والفلور وغيرهما .

التحليل بالكهرباء

تتوقف احياناً نتائج تفاعلات التحليل الكهربائي (٢) على العناصر المتفاعلة وعلى كمية الطاقة الكهربائية المستعملة . فعندما يحلّل كهربائياً كلوريد الصوديوم المذاب . يتكوّن معدن الصوديوم على أحد القطبين وغاز الكلور على القطب الآخر . لكن اذا تم تحليل محلول كلوريد الصوديوم كهربائيا باستعمال انود (قطب موجب) من الغرافيت وكاتود (قطب سالب) من الحديد . فذلك يعطي غازي الكلور والهيدروجين بعد تحويل المحلول الى هيدروكسيد الصوديوم .

هناك اوجه استعمال عديدة للكيمياء الكهربائية . لكن تطبيقها التجاري الرئيسي هو طلاء المعادن بالتحليل الكهربائي . فمعادن التزيين مثلاً . كالذهب والفضة . تستعمل لطلاء اصناف الصيغة كهربائياً . كما يستعمل الكروم لطلاء الفولاذ (يفضل استعمال قاعدة تتألف من طبقات من النحاس والنيكل) لوقايته من التأكل .

(٧) - يمكن استعمال البطاريات لامداد جهاز ضبط دقات القلب وآلة تحسين السمع المصغرة بالقدرة الكهربائية . البطاريات المستعملة هنا هي امثلة عن خلايا اولية . لكن هناك الخلايا الثانوية او المسمّاة بطاريّات التخزين ، وهي التي يمكن اعادة شحنها . كانت البطاريات الباكرة تتألف من لوحات معدنية تفصل بينها محاليل كيميائية تشبه الملح . فجاءت الخليّة الجافة . وخلية لوكلانشيه . تستبدلان السائل بمعجون . هذا النوع من البطّاريّات الذي يستعمل الكترودات من الزنك والفحم مع مانع استقطاب هو النوع الشائع في راديوات الترانزستور والمصابيح الكهربائية وفي عدد كبير من ادوات الحياة اليومية . في السنين الاخيرة . أدّت تقنية البطاريات الى انتاج بطاريات صغيرة جداً .

٧

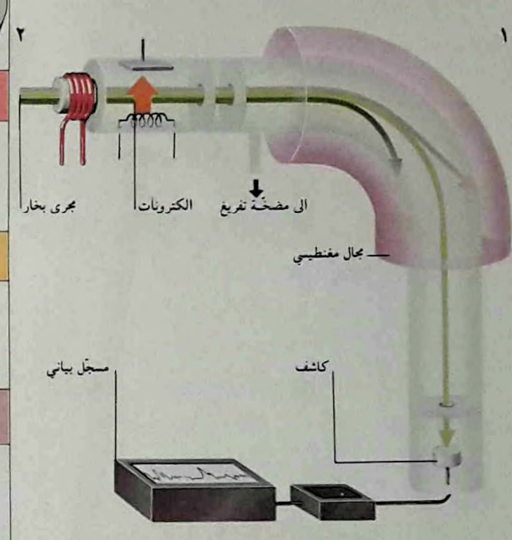


التحليل الكيميائي

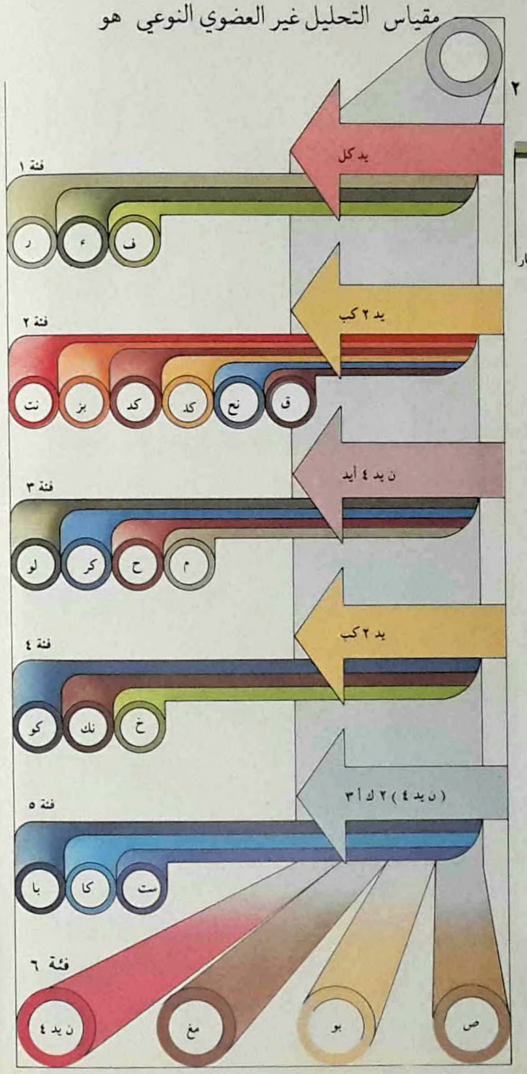
يعنى أحد الفروع الرئيسية للكيمياء - التحليل الكيميائي - بالكشف عن تركيب مادة ما أو مزيج من المواد · يسمّى تحديد هوية العناصر المقومة لمادة ما تحليلاً نوعياً . بينما يسمّى تحديد النسب الدقيقة بين هذه العناصر تحليلاً كمياً · تستعمل في المختبر تقنات خاصة لتحليل المواد الكيميائية العضوية (المجموعة الكبيرة من المركبات التي تحتوي على عنصر الكربون) وتقنات أخرى لتحليل المواد غير العضوية (جميع المركبات الأخرى) ·

طرائق التحليل غير العضوي

مقياس التحليل غير العضوي النوعي هو



(١) - يمكن مقارنة كتل الذرّات بكثير من الدقة باستعمال مقياس الطيف الكتلي · يتم تأيين عيّنة متبخرة بقذفها بإلكترونات . فتنتج عن ذلك حزمة من الايونات الموجبة . فتسّرع حتى تبلغ سرعة ثابتة · اذا تعرضت الحزمة حينذاك لمجال مغنطيسي قوي . تنحرف . لكن الايونات الثقيلة فيها تنحرف اقل من الايونات الخفيفة · يدار المجال بحيث تقع ايونات ذات كتلة معينة على آلة كاشفة تكون اما لوحة فوتوغرافية متحركة او إلكترومتر · يتم تضخيم الاشارة التي يعطيها الالكترومتر . فتسجل على رسم بياني · بإدارة المجال المغنطيسي اكثر فاكثر . يصبح من الممكن تسجيل ايونات مختلفة الكتل ·



اجمالاً نصف مجهري (٥) . لأنه لا يستعمل سوى كميّات ضئيلة (اقل من غرام واحد) . يبدأ الكيميائيون هذا التحليل باختبارات تمهيدية على عيّنة جافّة من مادة ما ، من شأنها ان تعطي معلومات عامة حول تركيب هذه المادة .

يتم تحديد الايونات المعدنية بتصنيفها . نظامياً ، الى « زمر » . هنالك تقنات متنوعة للقيام بعملية التصنيف . فالمعادن تصنّف عادة باضافة سلسلة من المفاعلات اليها ، لاحداث ترسبات تفحص وتحدّد هويتها وتوزع بدورها في زمر استناداً الى تفاعلاتها المميزة .

اما التحليل غير العضوي الكمّي ، فيتم باستعمال طرائق القياس الحجمي أو القياس الثقلي . التحليل بالقياس الحجمي يقتضي احداث تفاعل بين محلول من المادة المطلوب تحديدها ومحلول آخر تركيزه معروف . يطلق عليه أسم « المحلول العياري » . بعد

٣

(٢) ــ في التحليل الكيميائي النوعي يمكن الكشف عن الايونات المعدنية بفصلها نظامياً الى زمر . وذلك بإحداث مجموعة من المترسبات . يبدأ الكيميائي بمحاولة اذابة عيّنة من المادة المطلوب تحليلها في حامض هيدروكلوريكي مخفف . فيلاحظ أولاً ان بعض المعادن التي كلوريدها لا يذوب (الرصاص والزئبق والفضة) يجب أن توضع في زمرة واحدة ، فيصنفها في الزمرة الاولى . ثم يرى كبريتيد الهيدروجين يتطاير كفقاقيع من المحلول الحامض بينما يترسب كبريتيد آخر . فيكتشف بذلك معادن الزمرة الثانية (الانتيمون والزرنيخ والبزموت والكدميوم والنحاس والقصدير) . عندما يضيف محلول الامونيا ، يترسب هيدروكسيد معادن الزمرة الثالثة (الالمنيوم والكروم والحديد والمنغيز) . لمعادن الزمرة الرابعة كبريتيدات تترسب في محلول قلويّ (الكوبالت والنيكل والزنك) . ان اضاف الكيميائي كربونات الامونيوم الى ما تبقى من المحلول في هذه المرحلة ، تترسب كربونات الباريوم والكالسيوم والسترونسيوم ، وهي معادن الزمرة الخامسة . تحتوي الزمرة السادسة على معادن المغنيزيوم والصوديوم والبوتاسيوم وكذلك ايون الامونيوم « المعدني » الذي يبقى بعد تواري جميع الايونات المعدنية الاخرى . يمكن تنفيذ هذا النهج في التحليل على المقياس النصف مجهري . لكن يمكن توسيعه ايضاً لكي يتناول بعض المعادن غير المألوفة . إنه يكشف فقط عن وجود المعدن وليس عن كميته .

(٣) ــ يمكن تحديد الثقل الجزيئي استناداً الى انخفاض نقطة التجمد . فعندما تذاب مادة في مذيب ، تنخفض نقطة التجمّد لدى هذا المذيب . اذا كانت المحاليل مخففة ، يكون الانخفاض متناسباً طرداً مع عدد جزيئات المذاب في وحدة كتلة المذيب . الثابتة الجزيئية للانخفاض لدى مذيب هي انخفاض نقطة التجمد الذي يحدثه غرام جزيئي من المذاب في ١٠٠ غرام من المذيب . اختباريا . تتطلب هذه الكمية تركيزاً عالياً جدا للمحلول . لذلك يستعاض عن ذلك بمحاليل مخففة وتحسب الثابتة نسبياً .

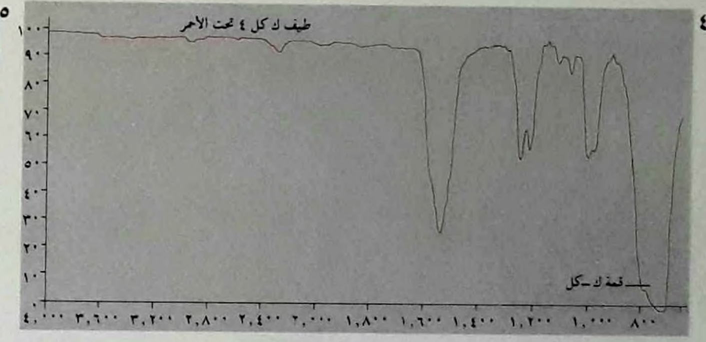
تحضير المحلول العياري . يقوم الكيميائي بالمعايرة (٤) . فيضيف احد المحلولين الى الثاني ببطء الى ان يكتمل التفاعل .

اذا انتقلنا الآن الى المركبات العضوية ، نلاحظ فوراً ان مجرّد تحديد هويّة العناصر التي يتكون منها المركب العضوي لا يكفي للتوصل الى تعريف دقيق له .

طرائق التحليل العضوي

التعرف الى هوية العناصر في مركب عضوي يتطلب اسقاطاً نظامياً لجميع العناصر الممكنة . واحداً واحداً . الكربون والهيدروجين موجودان في المركّبات العضوية بصورة دائمة تقريباً . لذلك نادراً ما يجري اختبار بشأنهما . لكن تجري الاختبارات لتحديد هوية العناصر الأخرى . كإختبار لاسانيو لصهر الصوديوم الذي يكشف عن وجود النيتروجين والهالوجينات (الكلور والبروم واليود) والكبريت . بمعرفة العناصر المكون

٤



(٤) ـ في مركّب عضوي . تمتص الترابطات الكيميائية الاشعاعات تحت الحمراء . ومن شأن هذه الاشعاعات ان تحدث عند ذاك تأثيرات ارتجاجية في تلك الترابطات . فتواتر الاشعاع الممتص يميز الترابط الذي امتصه . لذلك يسمح قياس هذه التواترات بالتعرف الى الترابطات الموجودة ويؤدي الى تحليل المركب العضوي . هذا هو اساس علم الطيف للأشعة تحت الحمراء .

تقاس تواترات الامتصاص الكترونيا وترسم بيانيّاً كسلسلة من الذروات . في هذا المثل . لذروة الامتصاص الكبرى تواتر ٧٥٠ سم-١ . سببه تمدد رباط الكربون والكلور . مما يدل على ان المادة التي احدثت هذه الذروة هي على الارجح رابع كلوريد . الكربون والكلور (ك كل ٤) كما ان للذروة الصغرى . تواتر ١٥٥٠ سم-١ . وهي على الارجح توافقية للذروة الرئيسية . قد تظهر ايضاً . على أثر انثناء الروابط الكيميائية وارتجاجها . عند امتصاصها للأشعة تحت الحمراء . ذروات مميزة اخرى على رسم الطيف تساعد في عملية التحليل .

٥



(٥) ـ التحليل على مقياس نصف مجهري يوفّر كثيراً من الوقت والمال . تستعمل فيه انابيب اختبار صغيرة للتفاعلات وانابيب مستدقة الطرف لعملية الطرد المركزي . بما ان المحاليل لا تمتزج جيداً في هذه الانابيب

٦



منها مركّب معيّن . يتمكن الكيميائي من تصنيف هذا المركب في زمرة رئيسية · ثم يتبع ذلك اختبارات في داخل هذه الزمرة الرئيسية لتصنيف الزمر الوظيفية التي تنطوي عليها . وهذا ما يسمح اخيراً بتعيين النوع الخاص الذي ينتمي اليه المركب العضوي موضوع التحليل ·

يشتمل التحليل العضوي الكمّي ايضاً على التعرف الى العناصر المختلفة الموجودة في مركّب ما · كما يشتمل على تنقية هذه العناصر وتحديد ثقلها الجزيئي للتوصل الى وضع الصيغ الاختبارية والصيغ الجزيئية اللازمة · فمقادير الكربون والهيدروجين مثلاً تعرف بواسطة اكسدة كتلة معروفة من المركّب العضوي أكسدة كاملة . ثم بوزن ما ينتج عن ذلك من ثاني اكسيد الكربون والماء . وفي آخر الامر بتقدير العناصر الموجودة بطرائق اخرى متعددة ·

تسمح هذه النتائج للكيميائي بحساب النسبة المئوية لتركيب كل مادة (أي نسبة كل من العناصر الموجودة فيها) وبوضع صيغتها الاختبارية · اما الصيغة الجزيئية . فيمكن الحصول عليها بمقارنة الصيغة الاختبارية بالثقل الجُزيئي ·

التحليل الحديث بالآلات

ترتكز طرائق الفصل الكروماتوغرافي على المبدأ الكيميائي القائل ان المواد المختلفة تنتشر أو يتم امتصاصها بمعدلات مختلفة · ويستخدم علم الطيف (٤) ، الحقيقة الاخرى القائلة ان كل نوع من الذرّات يعطي طيفاً فريداً خاصاً به ومميزاً له ·

في المطيافية الكتلية (١) تقذف مادة معيّنة بإلكترونات متدنية الطاقة . فتتجزأ . وينتج عن هذه التجزئة عدد من الايونات الموجبة · ثم يتم تركيز الايونات . التي نسبة كتلتها الى شحنتها واحدة . بواسطة مجالات مغنطيسية أو كهربائية ساكنة . ويتم التعرف الى تلك الايونات فوتوغرافياً أو الكترونياً · النسبة العليا بين الكتلة والشحنة هي التي تعطي الثقل الجزيئي · مراقبة نمط التجزئة تساعد على تحديد البنية الجزيئية ·

٧

الصغيرة . يستعمل ايضاً قضيب للتحريك · توضع المحاليل في أنبوبة مصّ مدرجة ذات حلمة . وتكون لكل زجاجة فيها كاشف قطّارة خاصّة · تتطلب الاجسام الصلبة استعمال ملوَق نصف مجهري · لتجنب اخطار « جيشان » السائل اثناء التسخين . تسخن المحلولات بطريقة غير مباشرة . وذلك بوضعها في كتلة معدنية · غير أنه لا يستغنى عن بوتقة عندما يصار الى التبخير حتى التجفيف · لتعيين هوية الغازات . يستعمل اجمالاً كوب فقاقيع يركّب على انبوبة الاختبار ·

(٦) ـ عند قياس طيف الرنين المغنطيسي النووي لمادة صيغتها الجزيئية ك يد ٤ أ . تظهر ذروتان · المساحات الواقعة تحتهما تندمج آلياً وتظهر على المنحنى الاعلى الذي يشير الى نسبة واحد الى ثلاثة . مما يدل على ان ذرات الهيدروجين الاربع في الجزيء مرتبة بحيث تكون ثلاثة منها تشكل شبكة متماسكة . بينما تكون الرابعة مختلفة عنها ·

(٧) ـ تجرى المعايرة لتقدير التركيز المجهول لمحلول . بجعله يتفاعل مع محلول « قياسي » تركيزه معروف . يضاف عادة بواسطة سحّاحة الى حجم معيّن من المحلول المجهول · يدل على نهاية التفاعل تغيّر ظاهر في المفاعلات بعد اضافة كاشف كيميائي · لكاشفات الحامض والقاعدة الوان مختلفة ·

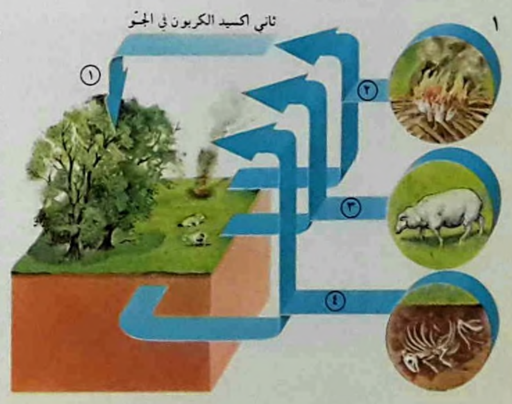
نحو كيمياء الحياة

نصف دزينة فقط من العناصر الكيميائية الـ ٩٣ الموجودة في الطبيعة تكوّن معظم المادّة الحيّة . ويتأتى تنوع الحياة رئيسيا عن قابلية الاندماج الهائلة لدى عنصر واحد هو الكربون . فبإمكان ذرات الكربون ان تترابط كيميائياً فيما بينها ، لتكوين عدد كبير من البنيات الاساسية . تتعدل هذه البنيات بدورها بتفاعلها مع ذرات من العناصر الحياتية الاخرى الشائعة (كالهيدروجين والاكسيجين والنيتروجين والفوسفور والكبريت) فينتج عن ذلك هذا التنوع المذهل في المواد الكيميائية السائدة .

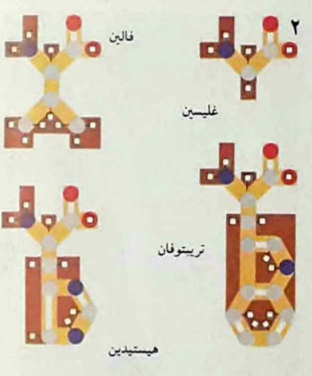
الايزومرات والبوليمرات

لكثير من مركّبات الكربون الموجودة في

١



٢





(١) ـ يمر الكربون ، وهو العنصر الاساسي في الكيمياء العضوية ، بدورة طبيعية في البيئة . فهو موجود بشكل ثاني أكسيد الكربون في الجو . من هناك تمتصه النباتات (١) لتوليد هيدرات الكربون في الاوراق الخضراء . عندما يحترق النبات (٢) أو تتنفّس الحيوانات (٣) ، فانها تعيد ثاني أكسيد الكربون الى الهواء . كذلك عندما تبلى النباتات والحيوانات ، يتحلل هيدرات الكربون في بقاياها فيبث ثاني أكسيد الكربون في الجوّ .

(٢) ـ توجد الحوامض الامينية عادة في الاجسام الحية ، حيث تترابط بالمئات لتكوّن جزيئات معقدة. الا انها توجد ايضاً منفردة، كما هي الحال في غلوتاميت الصوديوم الاحادي، الذي هو مشتق بسيط لحامض الغلوتاميك يضاف الى المأكولات لتقوية نكهة اللحم. تتنوع المجموعة « الجذر » المتصلة بذرة الكربون المركزية في الحامض الاميني تنوعاً واسعاً ، يتراوح بين ذرة الهيدروجين البسيطة في الغليسين وبين المجموعات المعقدة الموجودة في الحوامض الامينية الأخرى الظاهرة هنا . في البرولين ، يتصل طرف المجموعة « الجذر » ايضاً بذرة النيتروجين التي في المجموعة الامينية ، فيدور بذلك على نفسه لتكوين بنية حلقيّة .

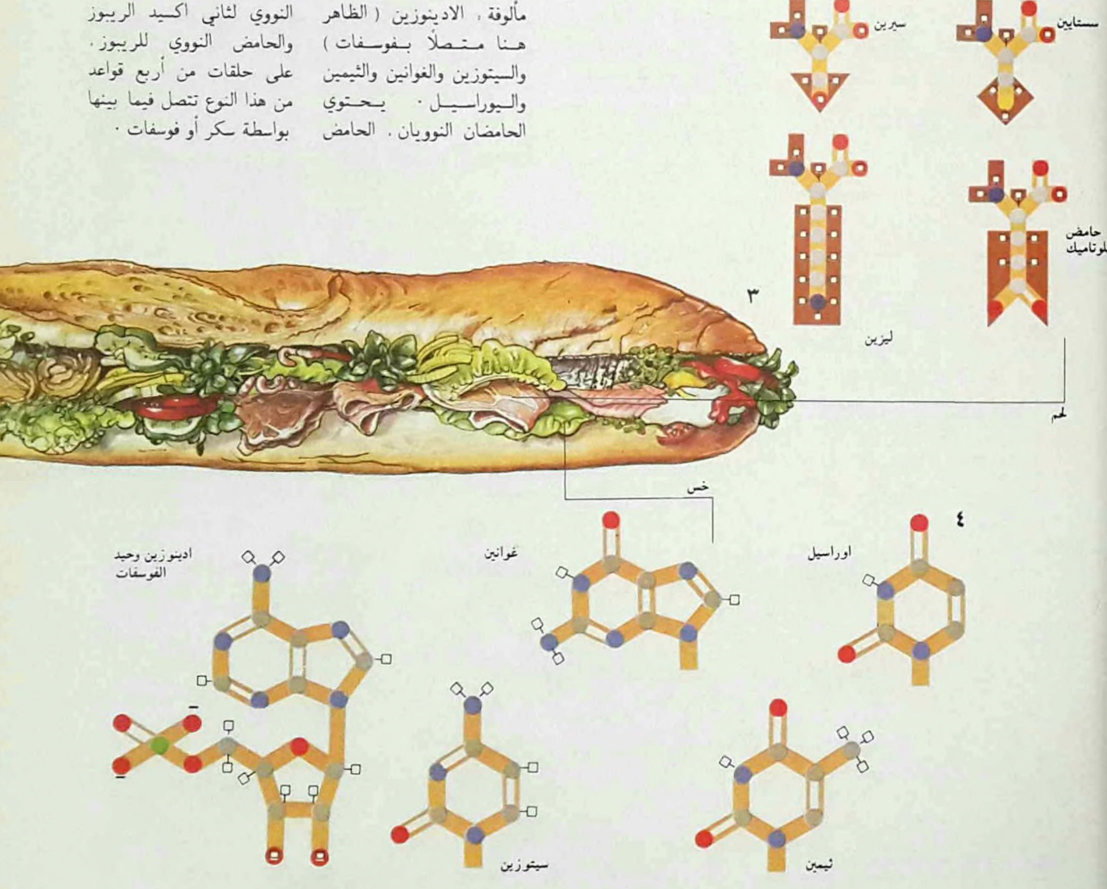
(٣) ـ يحتوي رغيف مليء باللحم والسلطة على البروتين والكربوهيدرات والدهن .

(٤) ـ تحتوي المادة الحية ، سواء اتخذت شكل كبد أو ورقة خسّ على مواد تُسمّى حوامض نووية . وهي الجزيئات العملاقة التي تخضع لها، في آخر الأمر، جميع العمليات الحياتية . البروتين الذي تصنعه البكتيريا هو غني بالحوامض النووية ، وهو قد يصبح مصدرا للمأكولات الاصطناعية . الا أن الافراط في تناول هذه الحوامض أو المأكولات الغنية بها له آثار جانبية سيئة في الجسم البشري . تتكون الحوامض النووية بترابط عدد كبير من بعض الجزيئات البسيطة المسماة نوكليوتيدات . يتولد النوكليوتيد بدوره من ترابط ثلاثة تجمعات كيميائية اكثر بساطة ، ففيه يتصل الفوسفات بسكاريد احادي هو خماسي الكربون (ريبوز او ديوكسيريبوز) ، وبهما تتصل قاعدة تحتوي على نيتروجين . خمس فقط من هذه القواعد

الطبيعة خاصية اخرى مميزة . فبامكان ذرة واحدة من الكربون ان تدخل في ترابطات كيميائية مع أربع مجموعات ذرية مختلفة . هذه المجموعات تترتب ترتيباً ينتج عنه جزيئان يتشابهان ويختلفان كما يتشابه القفّازان ويسمّى الواحد منهما ايزومر بصري . عندما يكون الاثنان ممكنين ، لا يتكوّن اجمالاً في الطبيعة سوى واحد منهما فقط . كثير من المواد الاساسية في الاجسام الحيّة هي بوليمرات (اي جُزيئات عملاقة تحتوي على الألوف أو حتى الملايين من الذرّات الافرادية المترابطة) .

فالكربوهيدراتات مثلاً مؤلفة جميعها من جزيئات صغيرة تسمّى سكاكر أو سكّاريدات . السكّر العادي ليس من المركّبات السكرية البسيطة : فهو مكون من سكّاريدين صغيرين ، ويسميه الكيميائيون سكاريدا ثنائيا ، وهو احد الاجزاء التي تتركب منها

مألوفة : الادينوزين (الظاهر هنا متصلاً بفوسفات) والسيتوزين والغوانين والثيمين واليوراسيل . يحتوي الحامضان النوويان . الحامض النووي لثاني اكسيد الريبوز والحامض النووي للريبوز ، على حلقات من أربع قواعد من هذا النوع تتصل فيما بينها بواسطة سكر أو فوسفات .



بعض المأكولات . كالمخلّلات ورُبّ البندورة (٣) .

السكاكر والمواد الدهنية

لا تكتفي السكاكر (٦) بتوفير الطاقة للأجسام الحيّة . بل تولّد ايضاً مجموعة واسعة من المواد البوليمرية كالنشاء والسلّيلوز . فالنشاء مثلاً هو الكربوهيدرات الرئيسي في البطاطا والارز والخبز (٣) ؛ اما السليلوز ، فالانسان لا يستطيع هضمه . الا أن هذا البوليمر قابل ان يتحلل كيميائياً لتوليد جزيئات الغلوكوز الذي هو كناية عن سكر بسيط (سكاريد احادي) . السكر المستخرج من الشمندر أو القصب ، هو سكروز .

عملياً ، تحتوي جميع المأكولات على سكاكر اوسكاريدات متعددة . كذلك الدهون موجودة في المأكولات بالكثرة نفسها تقريباً .. وهي تتألف فقط من الكربون والهيدروجين

(٥) - الحوامض الدهنية (أ) هي جزيئات عضوية تحتوي جميعها على مجموعة كربكسيلية (- ك أ أ يد) في احد اطراف حلقة من ذرات الكربون . تتغير هذه الحلقة من حيث الطول ومن حيث عدد ذرات الهيدروجين العالقة بكل ذرة كربون . هذه الحوامض هي من المقوّمات الاساسية للدهون التي هي مركّبات موجودة في مواد متنوعة . كدهن الخنزير وزيت الزيتون . في الدهون العادية الشائعة . تنضم ثلاثة جزيئات من حوامض دهنية الى جزيء واحد من الغليسرول (ب) انضماماً كيميائياً . في بعض الجزيئات الحياتية المهمة . يستبدل احد الحوامض الدهنية بجزيء يحتوي على فوسفور . مثل فوسفات الكولين (ت) ، لانتاج مركب معروف بالدهن الفوسفاتي .

(٦) - السكاكر هي من ابسط الجزيئات الحياتية . فهي تتكون فقط من ذرات الكربون والهيدروجين والاكسيجين . وتكاد تكون فيها دائماً نسبة الهيدروجين للاكسيجين نسبة اثنين لواحد . كما في الماء . لذلك صُنّفت في عداد الكربوهيدراتات (هيدرات الكربون) . ابسط السكاكر . وهي السكاريدات الأحاديّة . تسمى البنتوزات والهكسوزات . لأن فيها ٥ أو ٦ ذرات كربون . كثيراً ما تترابط هذه الذرات . فتكوّن حلقات . كما في الغلوكوز

والاكسيجين . الدهن عبارة عامة تشمل الزيوت والشحوم والشموع ، وكلها لها بنى كيميائية متشابهة . في الدهن البسيط ، تنضم ثلاثة حوامض دهنية الى جزيء صغير يسمّى الغليسرول (المعروف بالغليسيرين) (٥ ب) بطريقة الترابط ذاتها التي يترابط بها الكربون والاكسيجين والكربون لجعل السكر الثنائي متماسكاً . قد يكون الغليسريد الثلاثي الناتج عن هذا الترابط سائلاً (زيت) أو جامدا (شحم) في درجة الحرارة العادية ، وهذا يتوقف على بنية الحوامض الدهنية ، التي قد تكون جميعها متشابهة (كما في زيت الزيتون) ، أو جميعها مختلفة . كل اللحوم تحتوي على دهن (٣) .

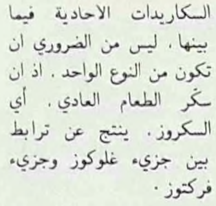
الغليسيريدات الثلاثية هي أبسط الدهون . الكولسترول ، وهو واحد منها ، مهم جداً ، لكنه أكثر تعقيداً ، ويوجد بكثرة في المأكولات اللبنية كالقشدة والجبن (٣) ، كما هو احد المقوّمات الرئيسية للحصاة الصفراوية ، وله علاقة بأمراض القلب .











والفركتوز . تترابط بدورها جزيئات الغلوكوز فيما بينها ، فتولّد جزيئات من الحجم الوسط ، وهو سكّر مهم في صنع الخبز والبيرة ، أو جزيئات ضخمة احياناً كالنشاء . لكي تترابط السكاريدات الاحادية فيما بينها ، ليس من الضروري ان تكون من النوع الواحد ، اذ ان سكّر الطعام العادي ، أي السكروز ، ينتج عن ترابط بين جزيء غلوكوز وجزيء فركتوز .





(٧) – يقوم حوالي ٢٠ حامضاً امينياً بدور اساسي في بنية الاجسام الحية ووظيفتها . جميعها تحتوي على ذرات كربون وهيدروجين ونتروجين واكسيجين ، والقليل منها يحتوي ايضاً على الكبريت . باستثناء البرولين ، لكل من هذه الحوامض الامينية مجموعة أمينية حرة غير مستبدلة ومجموعة كربوكسيل حرّة .

الحوامض الامينية

تتكون الحوامض الامينيّة (٧) ، وهي حجر الاساس في بناء البروتينات ، من تجمعات صغيرة من الكربون والاكسيجين والنيتروجين والهيدروجين واحياناً الكبريت ، تترابط فيما بينها بنمط خاص . البروتينات هي المقومات الاساسية لبعض أهم المواد الغذائية ، كاللحم والسمك والبيض . وهي اجمالاً مركبة من ٢٠ حامضاً امينيّاً مختلفاً ، لكنها تشترك في مجموعة واسعة من الخصائص المهمة . بالاضافة الى هذه الحوامض العشرين ، هناك عدد من الحوامض الأمينيّة الاخرى الاقل شيوعاً والتي يمكن ان تندمج معا فتنتج مركّبات مثل الفالينوميسين .

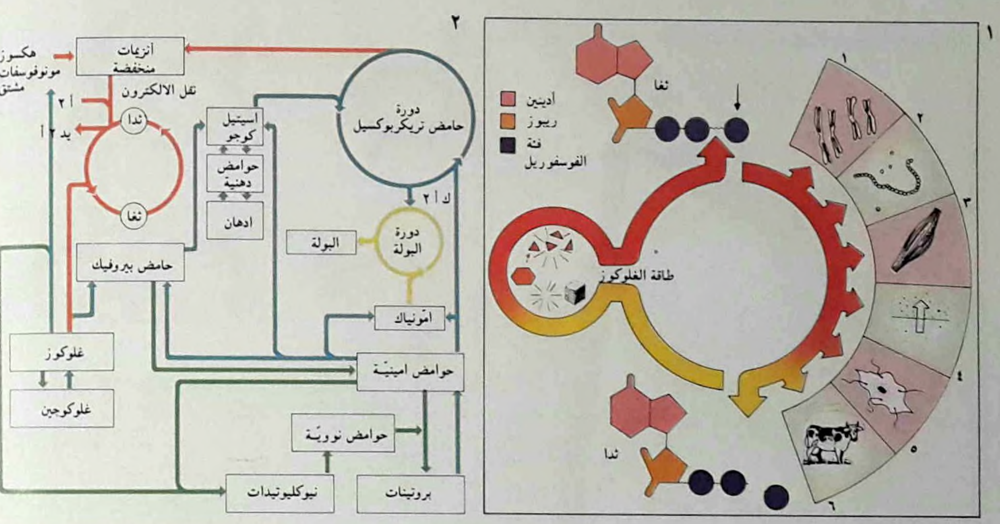
النوكليوتيدات أكثر تعقيداً من الحوامض الامينيّة ، وهي حجر الاساس في بناء الحوامض النووية التي تختزن المعلومات الوراثية . كل نوكليوتيد مكوّن من واحد من خمسة انواع قواعد (٤) ينضم الى سكّر ينضمّ بدوره الى مجموعة فوسفاتيّة .

البيوكيمياء : كيمياء الحياة

جميع الاحياء (النباتات والحيوانات) تركّب المواد الكيميائية المختلفة وتحللها · توفّر هذه العمليات الكيميائية للجسم ما يحتاجه من المواد الاساسية ومن الطاقة كي يبقى حيا · فعندما يأكل انسان صحن سلطة ، فإنه يستمد منه طاقة قد يستعملها في الركض لعدة كيلومترات · ليس هناك صلة ظاهرة ومباشرة بين صحن السلطة والركض · لكن الكيمياء الحياتية تطلعنا على حقيقة هذه الصلة بوصف التفاعلات المتشابكة التي تؤدي اليها ·

اسس الكيمياء الحياتية

يمكن رد جميع تعقيدات الكيمياء الحياتية الى عمليتين اساسيتين · الاولى هي



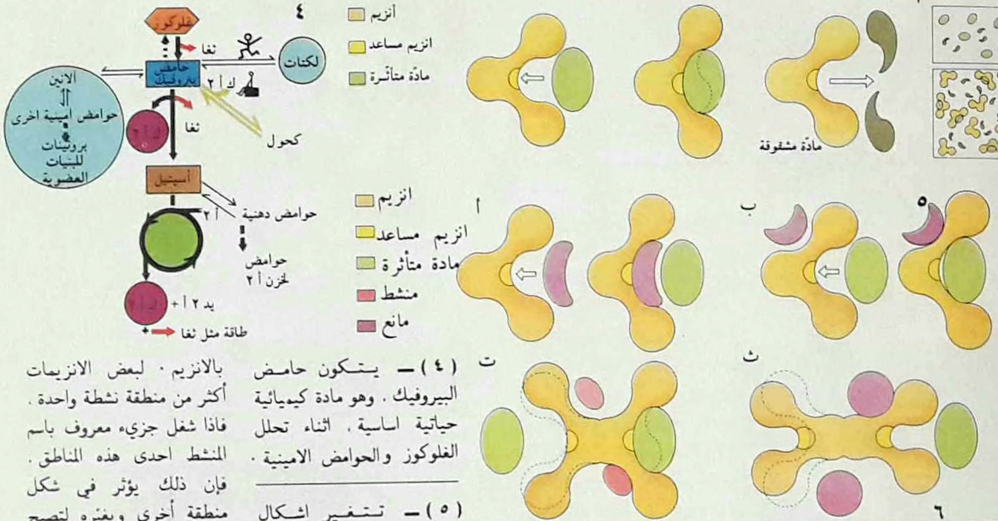
(١) ـ يلعب ثلاثي فوسفات الادينوزين (**ثل ف د**) دوراً فريدا في الخليّة . اذ يعمل كناقل طاقة بين التفاعلات التي تنتج الطاقة وتلك التي تستهلكها · من أهم هذه التفاعلات ، ضبط الخلية وانقسامها (١) ، تركيب مواد كيميائية حياتية مهمة (بروتينات) (٢) ، التقلص العضلي (٣) ، انتقال المواد الى الخلايا (٤) . نقل الاشارات في الاعصاب (٥) ، ضبط درجة حرارة الجسم (٦) ·

(٢) ـ كل خلية هي ساحة لسلسلة معقدة من التفاعلات الكيميائية تشمل معا تفاعل التركيب (الايض البنائي أو أنابوليسم) وتفاعل التحلل (الأيض الهدمي أو كاتابوليسم) · جميع هذه التفاعلات معروفة بمجموعها باسم الايض · تظهر الخطوط التي تدل على ايض هدمي باللون الازرق ، وعلى ايض بنائي بالأخضر · الخطوط التي تدل على انتاج الطاقة أو استهلاكها هي بالبني · تجري هنا عدة الوف من التفاعلات الكيميائية المنفصلة ، ويتحكم بكل منها انزيم مختلف · يتأمن التوازن الاجمالي وضبط العمليات بواسطة المادة الوراثية الموجودة في الخلية والتي تتحكم بانتاج الانزيمات ·

(٣) ـ تزيد الانزيمات من سرعة انفصال الجزيئات أو اتصالها · لكي يكون عمل الانزيمات فعالاً ، يجب ان يكون هناك توافق فيزيائي بين الانزيمات والجزيئات الاخرى المتأثرة بها · لا يحتك مع الجزيئات الأخرى سوى قسم من الانزيم ·

الطريقة التي تسكّ بها الخلايا الحية « العملة » الضرورية لتبادل الحاجات الحيوية ؛ الثانية هي استعمال مواد تسمّى انزيمات (٣) ، تقوم بدور الوسيط ، لتخفيض كمية الطاقة اللازمة لجعل التفاعلات الكيميائية الاساسية للحياة تتم بالسرعة المطلوبة .

« العملة » التي تستعملها الخلايا الحية هي مادة كيميائية تسمّى ثلاثي فوسفات الادينوزين **(ثل ف د)** (١) . علاقتها الوثيقة باحدى الوحدات التي منها تبنى الحوامض النووية تجعلها تتحلل بسهولة . فتعطي ثنائي فوسفات الادينوزين **(ثن ف د)** أو أحاديه وهو الفوسفات العادي . فتتمكن بذلك من توفير الطاقة اللازمة لاحداث التفاعلات الكيميائية الحياتية : التفاعلات التي تبنى بها جزيئات معقدة من أخرى بسيطة ، أو التفاعلات التي تضبط



(٤) ـ يتكون حامض البيروفيك ، وهو مادة كيميائية حياتية اساسية ، اثناء تحلل الغلوكوز والحوامض الامينية .

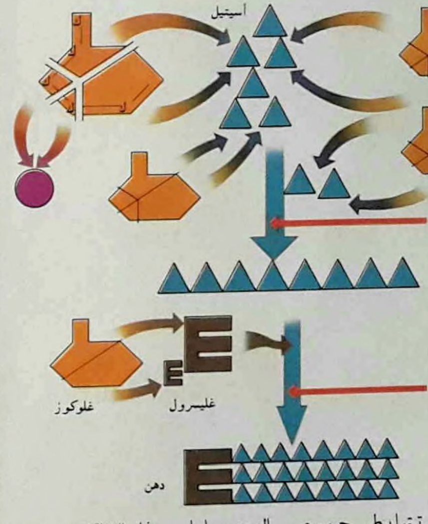
(٥) ـ تتغير اشكال الانزيمات بفعل جزيئات صغيرة لا تتأثر بالانزيمات . فقد يأتي جزيء له شكل مشابه للجزيء المتأثر بالانزيم ويزاحم هذا الأخير للوصول الى المنطقة النشطة (أ) ، مبطئاً بذلك التفاعل المطلوب . كذلك يمكن لمادة فاعلة في منطقة أخرى (ب) ان تغيّر شكل المنطقة النشطة وذلك بظهورها بالمظهر المتوافق مع المادة المتأثرة بالانزيم . لبعض الانزيمات أكثر من منطقة نشطة واحدة . فاذا شغل جزيء معروف باسم المنشط احدى هذه المناطق ، فإن ذلك يؤثر في شكل منطقة أخرى ويغيره لتصبح قادرة على تقبل المادة المتأثرة (ت) . هناك ايضاً جزيئات رادعة تحول دون نشاط أي من المنطقتين (ث) .

(٦) ـ تخفض الانزيمات كمية الطاقة اللازمة لانطلاق التفاعلات الكيميائية الحياتية . فهي تعمل كحفّازة في العديد من التفاعلات العادية . كفي عملية اهتراء الفواكه .

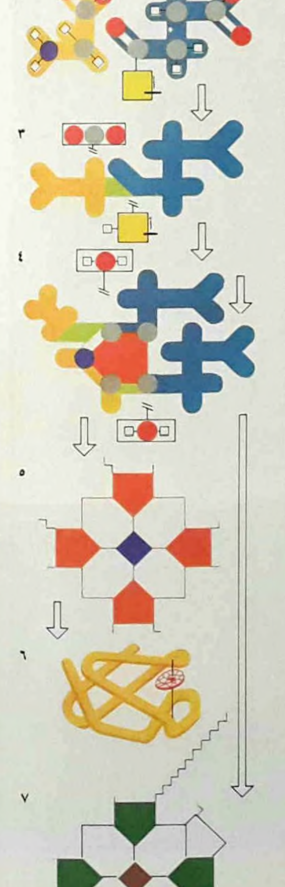
النشاطات الحيوية كتقلص العضلات مثلاً (٩) . من جهة أخرى ، عندما يعطي تفاعل كيميائي حياتي طاقة ، كما يحصل عند تحلل السكاكر ، تستعمل هذه الطاقة لإعادة تكوين الادينوزينات . هكذا يستطيع الجسم تحقيق التوازن بين حصوله على الطاقة وفقدانه لها بفضل دوران الادينوزينات على نفسها .

بعض التفاعلات الكيميائية الحياتية تعطي بعض الطاقة ، والبعض الآخر يستعملها ؛ لكن التفاعلات جميعها تحتاج الى دفعة أولى من الطاقة لكي تنطلق . تتدنى قوة هذه الدفعة ، اذا كانت الجزيئات المتفاعلة متقاربة ومرتبة ترتيبا صحيحاً بالنسبة لبعضها البعض .

تعتمد الحياة على طبقة خاصة من الحفازات تسمّى انزيمات (٦) . تتكون هذه رئيسياً من البروتينات . الا انها قد تحتوي



(٧) — تترابط جميع الحلقات الكيميائية في الجسم الحي . بحيث يمكن استعمال الطاقة المتولدة من تحلل مادة كيميائية من نوع معين في صنع مادة من نوع آخر . فإذا افرط انسان في الأكل . فإن وزنه يزداد أو . بكلام آخر ، فإنه يصبح سميناً . اي مدهنا . لكن ما يسبب زيادة الوزن هو الكربوهيدرات . كالسكر . أكثر مما هو الدهن . اساس هذا التناقض الظاهري هو حامض البيروفيك . فعندما يتحلل . تتكون . بالاضافة الى ثاني اكسيد الكربون . مادة تسمى انزيم مساعد أسيتيلي أ . فالقسم الأسيتيلي (المثلثات) هو حجر الاساس في بناء الحوامض الدهنية . التي . مع الغليسرول (ذات الشكل E) تولّد الزيوت والدهون . كالدهن الظاهر في الرسم .



(٨) — يتم التنوع الواسع في الطبيعة بكثير من التوفير الكيميائي . فالجزيئات الكبيرة تبنى بعدد قليل من الجزيئات البسيطة وبأقل ما يمكن من الكلفة الكيميائية ، كما يمكن لبعض البنيات الاساسية القيام بوظائف متعددة ومختلفة معاً . فالهيموغلوبين (٦) ، الذي ينقل الاكسجين في الدورة الدموية . والكلوروفيل (٧) ؛ الذي تلتقط النبات بواسطته اشعة الشمس . يحتاجان كلاهما الى ذرات معدنية للقيام بعملهما . فالهيموغلوبين يستعمل الحديد والكلوروفيل المغنيزيوم . فى كلتا الحالتين

أيضاً على بعض الذرات المعدنية أو على بعض الجزيئات العضوية غير البروتينية المسمّاة انزيمات مساعدة · الكثير من الفيتامينات الموجودة في نظام غذائي متوازن تستعمل في الجسم بمثابة انزيمات مساعدة ·

شكل الانزيمات ونشاطها

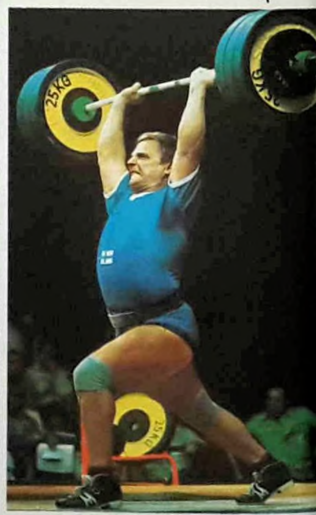
الانزيمات (٥) هي جزيئات كبيرة يتحكم شكلها بنشاطها · فبالامكان ايقاف نشاطها بتغيير شكلها ؛ وهكذا يمكن منع بعض التفاعلات من الحدوث بمعدل معيّن · خير مثال على ذلك الانزيم المهم لهضم البروتينات والمدعو كيموتربسين والذي يوجد في الطبيعة بشكل غير نشط يسمّى كيموتربسينوجين · فهذا الشكل لا يتحول الى الكيموتربسين الحفّاز الا عندما تنزع منه بعض حوامضه الامينيّة ·

الطاقة من الاحتراق

العمليات المتعددة المراحل التي تساهم فيها الانزيمات هي تكيّف ضروري مع الظروف · من المعلوم ان أكثر المواد الكيميائية العضوية قابلة للاحتراق · يمكن مثلاً حرق السكّر العادي كليّاً ، فيعطي ثاني اكسيد الكربون وماء وحرارة · لكن الطاقة الحرارية المنبعثة من الاحتراق الكامل لا تنفع الخلايا الحية ، لأن استعمال مثل هذه الطاقة يتطلب اختلافاً كبيراً في درجات الحرارة ، كما في محرك السيارة ، بينما درجة حرارة الاجسام الحية هي ذاتها تقريباً في جميع انحائها ؛ فدرجة حرارة جسم الانسان المعافى نادراً ما تحيد عن ٣٧ْ س (٩٨,٦ْ ف) · لذلك اصبح من الضروري ، للاستفادة في الجسم الحي من الطاقة الكيميائية الناجمة عن عملية « الاحتراق » ، ان تُجَزّأ هذه الطاقة وتستخرج على مراحل وبخطى صغيرة ، تنتج عن كل منها كمية من الطاقة قابلة للقياس (ويمكن التخلّص منها) تساوي وحدة واحدة أو وحدتين من « عملة » طاقة الخلية · مثالاً على ذلك ، يمكن حل جزيء الغلوكوز ، الذي يحتوي على ست ذرات كربون ، الى جزيئين (٤) من حامض البيروفيك ·

تلتصق الذرات المعدنية بجزيء عضوي يسمّى بورفيرين (٤) ، وهكذا فالصبغ الدموي الاحمر (٥) والصبغ الكلوروفيلي الاخضر يتم تركيبهما من الجزيئات الصغيرة نفسها ، رغم انتماء احدهما الى العالم الحيواني والآخر الى عالم النبات · كذلك تلعب مركّبات مماثلة ادواراً اساسية في عمليات كيميائية حياتية أخرى · فالفيتامين ب ١٢ ، وهو مركّب من النوع البورفيري وفي مركزه ذرة كوبالت ، يستعمل للوقاية من مرض فقر الدم الخطر ·

٩



(٩) – تأتي الطاقة ، التي يستهلكها رجل قوي لرفع الاثقال ، اصلا من الشمس · فالنبات يستعمل الضوء لتركيب مواد كيميائية فيه غنية بالطاقة · تأكل الحيوانات النبات فتولد موادّ اكثر تعقيداً · ثم يأكل الناس الحيوانات والنباتات كمأكولات تتحلل في الجهاز الهضمي الى مركباتها الكيميائية · هذه تتجمع من جديد لتكوين انسجة الجسم المختلفة وتركيب المواد الكيميائية الضرورية للعمليات الحياتية الجوهرية · هكذا يتم استخدام هذه المواد الكيميائية الحياتية لتزويد الرياضي رافع الاثقال بعضلاته وبالطاقة الضرورية لثنيها وشدها · علم الكيمياء الحياتية هو الدراسة المفصلة لهذه المواد وتفاعلاتها الدائرية ·

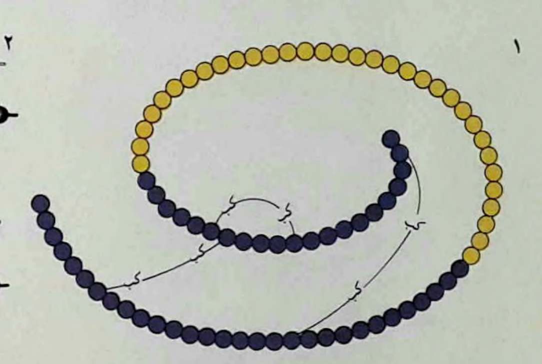
البوليمرات : الجُزَيئات العملاقة

تختلف المعادن التي تُصنع منها هياكل السيارات ومحرّكاتها ، كيميائيا ، عن الزيوت التي تحرّكها وتجعلها مزلّقة . لكن الطبيعة هي اكثر اقتصادا . فالعناصر القليلة المستعملة في بناء الكائنات الحية هي ذاتها التي تستعمل لالتقاط الطاقة ونقلها ، تلك الطاقة المتأتّية اصلا عن ضوء الشمس .

البروتينات

الجزيئات البنويّة المهمة في النبات والحيوان هي بوليمرات ، وهي جزيئات كبيرة جدا ، تعرف بالجزيئات الضخمة ، مكوّنة من تجمّع وحدات البناء الكيميائية البسيطة . فالبروتينات مثلا هي بوليمرات

١



٢

٣

انتزاع الريبوز
ادينين
ثيمين
حامض فوسفوريك
غوانين
سيتوزين
انتزاع الريبوز السلسلة الاساسية

(١) ـ الإنسولين ، وهو بروتين صغير ، يتكوّن في الجسم من مادة اكثر بساطة تسمّى البرولنسولين . وهي سلسلة بسيطة مؤلفة من ٨٤ جزيئا من الحوامض الامينية . يتكوّن الإنسولين بانتزاع ٣٣ وحدة حامض اميني (بالاصفر) من سلسلة البرولنسولين . فتتكوّن عند ذلك سلسلتان ترتبط الواحدة بالأخرى بجسور من الكبريت (كب) .

(٢) ـ في جميع البروتينات نرى الحوامض الامينية المكوّنة من الكربون (بالاسود) والنيتروجين (بالازرق) والهيدروجين (بالاحمر) والاكسيجين (بالابيض) تترابط فيما بينها بشكل سلاسل . تقوم ترابطات من الهيدروجين (بالاحمر) بوصل السلاسل فيما بينها ، كما هو ظاهر في هذه القطعة من بنية حريرية .

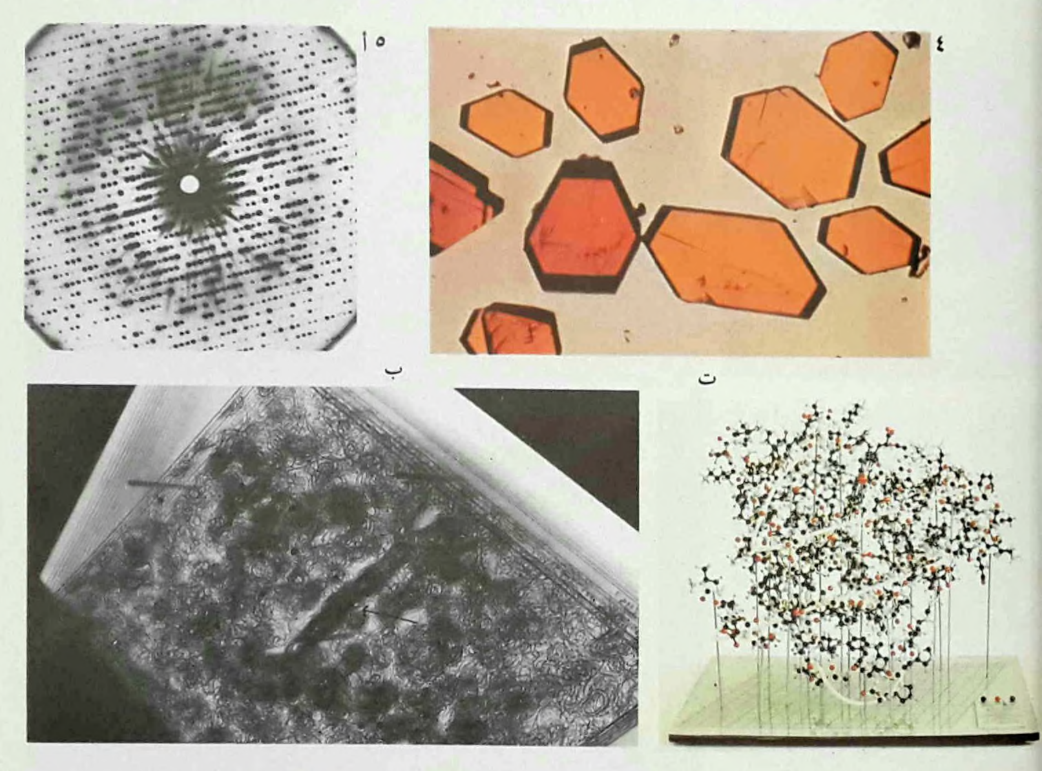
(٣) ـ حامض ثاني اكسيد الريبوز النووي هو جزيء الحياة الرئيسي . شكله شكل لولب مزدوج تترابط فيه معا بترابط هيدروجيني جديلتان من البوليمرات مكملتان الواحدة للاخرى . يحدث هذا الترابط بين القواعد التي تحتوي على نيتروجين والتي تكوّن جزءاً من وحدة الحامض النووي .

(٤) ـ يمكن عزل بعض البروتينات وتنقيتها لدرجة كافية كي تصبح بلّورات . يوجد الميوغلوبين، وهو بروتين ينقل الاكسيجين الى العضلات ، في عدة انواع ، كزيت العنبر الذي تتكوّن منه البلّورات (تظهر هنا مكبّرة ٤٠ مرة) .

(٥) ـ اذا تم تصويب حزمة من الاشعة السينية على احدى هذه البلّورات بمفردها ، يمكن الحصول على صورة حيود فوتوغرافية (أ) . يعطي تحليل هذه الصور ، الذي غالبا ما يتم بالاستعانة بالكومبيوترات ، معلومات تساعد في رسم خرائط للكثافة

مركّبة من الحوامض الامينية التي هي جزيئات صغيرة . يحتوي كل من البروتينات على مجموعة امينية مع مجموعة حامض الكربوكسيليك . هاتان المجموعتان تستطيعان التفاعل الواحدة مع الأخرى لاحداث ترابط كيميائي . بفضل هذا الترابط تستطيع الحوامض الامينية المختلفة الترابط فيما بينها باعداد كبيرة جدا لتكوين بوليمرات البروتينات الضخمة . قد تكون البروتينات صغيرة ايضا . فبروتين الانسلين (١) صغير مؤلّف من حوالى ٥٠ حامضا امينيا فقط .

تستخدم الحيوانات البروتينات (٢) في بناء خلاياها . كما تستخدمها ايضا في العمليات الكيميائية الحياتية التي تجري في داخل اجسامها . لنأخذ مثلا على ذلك الكولاجين الذي هو بروتين بنيوي شائع . احدى وظائفه توفير المواد للأوتار التي هي اساسية للحركة . فخيط وتري من جزيئات



الإلكترونية . هذه الخرائط الظاهرة هنا ، والمصنوعة من صفائح البرسبكس المرصوفة الواحدة منها فوق الاخرى ، تدل على مواقع الذرّات في جزيء البروتين (ب) . مما يمكّن عندئذ من بناء نموذج للبروتين (ت) يكون ذا ثلاثة ابعاد . اكثر الابحاث الاولى حول تحديد بنيات البروتينات بهذه الطريقة قام بها جون كندرو وماكس بيروتز في كمبردج في انجلترا .

الكولاجين المجدولة قد يكون احيانا بقوة سلك فولاذي نحيف . كذلك القراتين (٧) ، وهو بروتين بنيوي آخر ، نجده في الحافر والشعر والقرن والريش . كما ان الاكتين والميوزين هما من مقوّمات العضل المهمة . اخيرا تشكّل البروتينات المقوّم الرئيسي (الوحيد في بعض الحالات) للانزيمات (هي حفّازات الخلايا التي تزيد من سرعة التفاعلات الكيميائية الحياتية) وللأجسام المضادة التي تكافح الاجسام المجهرية المسبّبة للأمراض .

السكاريدات المتعددة :

المقوّمات الاساسية لبنية النبات هي السكاريدات المتعددة ، وهي بوليمرات السكر التي تزوّد الخلايا باكثر طاقتها . لذلك ليس عجيبا ان تستعمل بعض السكاريدات المتعددة كوسيلة صالحة لتخزين الطاقة .

يُقدّر ان ٥٠ بالمئة من ذرّات الكربون



٧ ٦

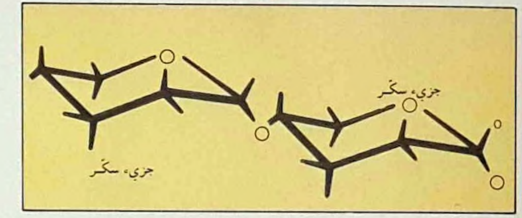
(٦) ـ البوليمرات الاساسية للحياة هي هيدراتات الكربون والبروتينات والنوكليوتيدات المتعددة . الا انها ليست الوحيدة . فالمطاط الطبيعي مثلا هو بوليمر مؤلف رئيسيا من وحدات متكررة من الايزوبرين الهيدروكربوني غير المشبع . يحتوي جزيء المطاط على ما بين ١٠٠٠ و ٥٠٠٠ وحدة من هذا النوع متصلة معا . تتكوّن جدران الخلايا في بعض البكتيريات من ترابط جزيئات السكر والحوامض الامينية . فينتج عن ذلك بوليمر خليط . هذه الصورة ، المكبّرة ٢٨٠٠٠٠ مرة بواسطة مجهر إلكتروني .

الموجودة في انسجة النبات قائمة في جزيئات السلّولوز، وهو بوليمر غلوكوزي بنيوي. لبعض اشكال السلّولوز قيمة تجارية احيانا. فنسبة السلّولوز في القطن مثلا هي ٩٨ ٪.

البوليمر الرئيسي لخزن الطاقة في النبات هو النشاء، وهو مؤلف من بوليمرين: الاميلوز والاميلوبكتين. الاميلوز هو، كالسلّولوز، بوليمر غلوكوزي له شكل سلسلة مستقيمة، لكنه يختلف عنه بفرق وحيد، هو شكل الترابط الكيميائي الذي يجمع الذرّات في الجزيئات. هذا الاختلاف الوحيد كافٍ لجعل النشاء من المواد القابلة للهضم، بينما السلّولوز مادة لا يمكن للانسان ان يهضمها.

بامكان سكاكر عديدة أخرى، غير الغلوكوز، تكوين سكاريدات متعددة. فهناك: الكيتين، وهو المادة الصلبة التي تغلف اجسام بعض الحشرات والسرطان والكركند؛ الالجينات، وهي من المواد المهمة التي تضاف الى المأكولات فتحفظ رغوة البيرة وتعطي الحساء المنزوع الماء سماكته؛ البكتينات، وهي شائعة الاستعمال في صنع المربيات، وتوجد في التفاح خصوصا؛ المواد اللّصوقة الطبيعية، كالصمغ العربي؛ واخيرا الهيبارين، وهو مادة تمنع الجلطة الدموية وتستعمل كثيرا في معالجة تخثُّر الدم





تظهر جزءا من الجدار الخارجي لاحدى البكتريات. بهذا التكبير يمكن رؤية الاجزاء الدقيقة للوحدات التي تكوّن سطح جدار خليّة البكتريا، مرتّبة ضمن صفوف منتظمة.

(٧) ـ يتألف الشعر، رئيسيا، من بروتين القراتين الذي يوجد ايضا في الريش والجلد. تكبير هذه الشعرات عدة مرات لا يكفي لمشاهدة جزيئات القراتين الافرادية. تتوقف ملاسة شعر انسان او تجعده على البنية الثلاثية لجزيئات القراتين.

(٨) ـ يمكن للسكاريدات المتعددة، وهي ابسط جزيئات السكر، ان تترابط معا لتكوّن جزيئات كبيرة جدا كجزيئات النشاء. قد يتخذ الجزيء الضخم شكل سلسلة واحدة (كما يظهر هنا) او يكون متشعبا. وهذا يتوقف على الموضع الذي تقع فيه الوصلات.

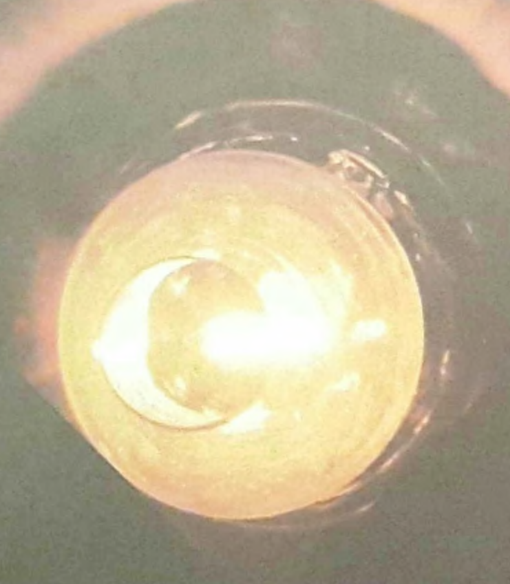
الحوامض النووية

الحوامض النووية **(٣)**، مع انها لا توجد بكميات كبيرة في اكثر الخلايا كما توجد البروتينات والسكاريدات المتعددة، فهي اهم الجزيئات الضخمة جميعا. انها تؤلف المادة الوراثية التي تتحكّم بتكوين كل خليّة. فتجعل منها ليس فقط خليّة انسان او خليّة فأر، بل ايضا خليّة كبد انسان او خليّة ذنب فأر.

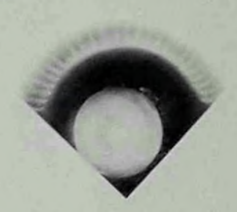
قد يساوي طول البوليمرات المعقّدة **(٣)** الوف الوحدات. تتألف الوحدة الاساسية المتكرّرة من قاعدة تحتوي على نتروجين ومن مجموعة فوسفاتية؛ وكلاهما مرتبط بأحد نوعي السكر: الريبوز (في حامض الريبوز النووي) وثاني اكسيد الريبوز (في حامض ثاني اكسيد الريبوز النووي).

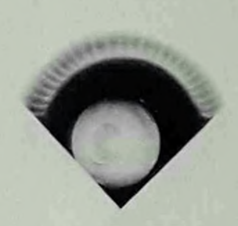


اقرأ أيضاً

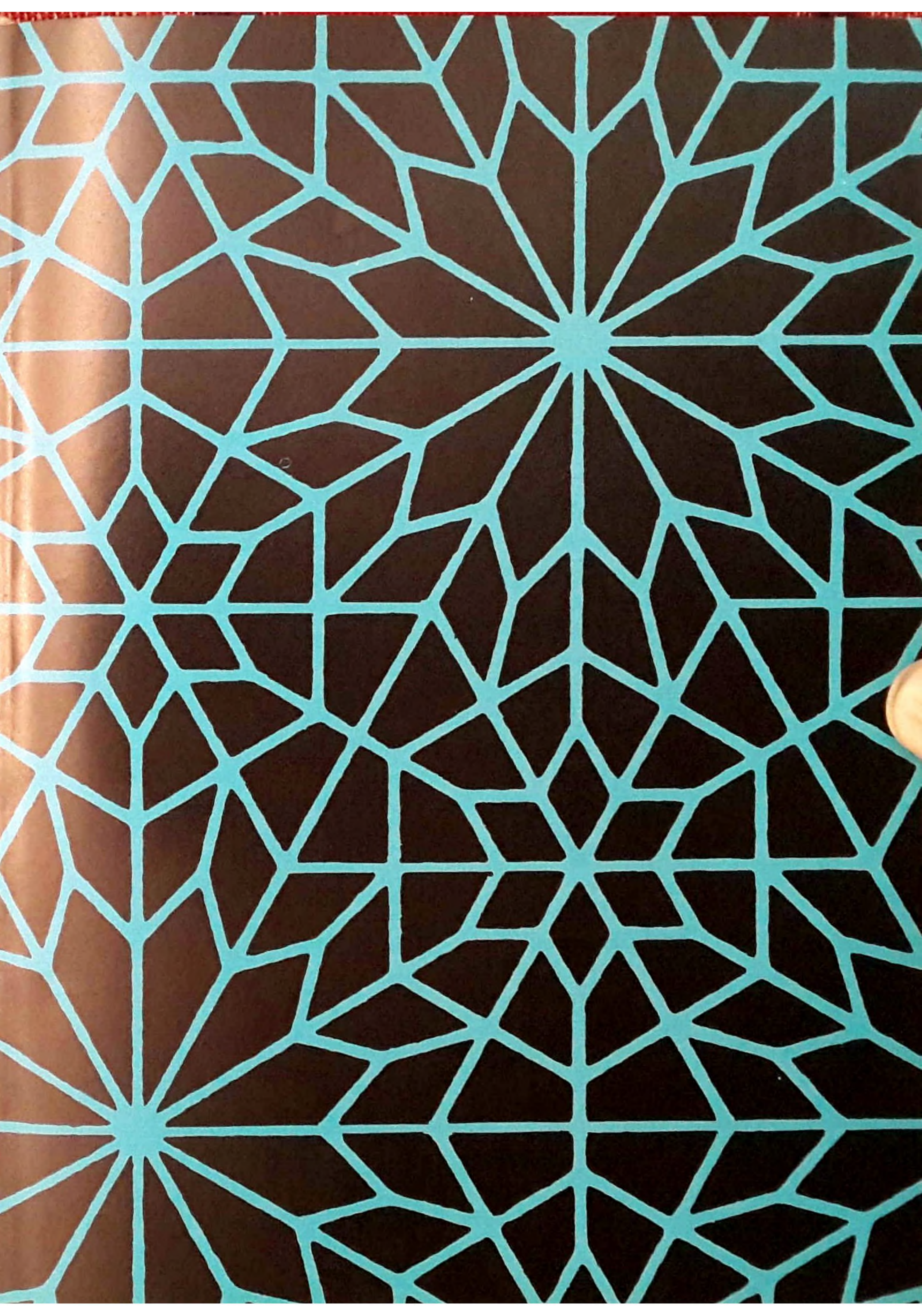


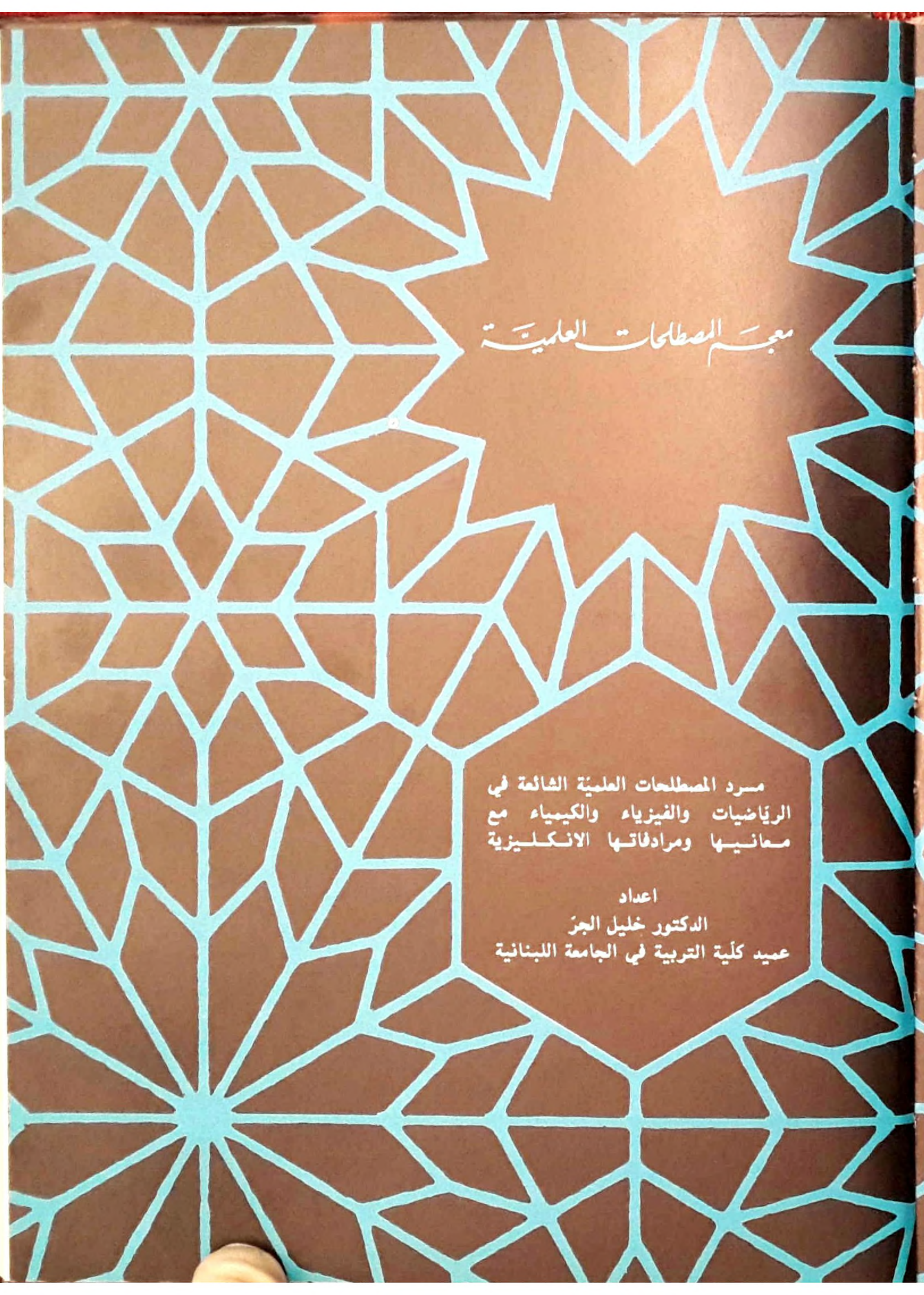
(العنوان الرئيسي يشير إلى الموضوع الذي تدرسه .
اما العناوين الفرعية فهي لاستكمال البحث .)

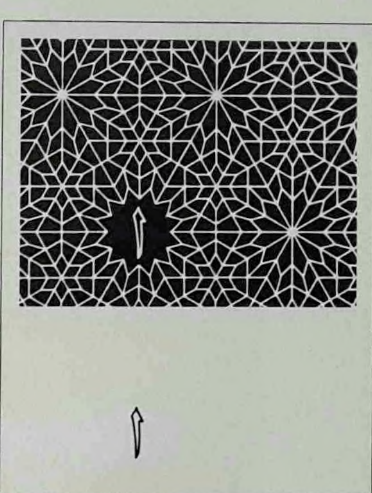









معجم المصطلحات العلمية
مسرد المصطلحات العلميّة الشائعة في
الريّاضيات والفيزياء والكيمياء مع
معانيها ومرادفاتها الانكليزية
اعداد
الدكتور خليل الجرّ
عميد كلّية التربية في الجامعة اللبنانية



الآر ARE

وحدة قياس للمساحات الأرضيّة تساوي مربّعاً طول كل من أضلاعه ١٠ أمتار .

الآلة MACHINE

مجموعة من الأجهزة المجمّعة لقبول شكل معيّن من أشكال الطاقة وتحويلها وإعادتها تحت شكل أكثر ملاءمة أو لإحداث أثر معيّن .

إبتعاث المجال FIELD EMISSION

في الإلكترونيك : ابتعاث الإلكترونات في كاثود بارد في مجال مغنطيسي .

الإبرة المعطّلة ASTATIC NEEDLE

في الفيزياء : مجموعة إبرتين مغنطيسيّتين أو أكثر مركّبة بحيث لا يكون للمغنطيسيّة الأرضية أي أثر في توجيهها .

الأبعاد DIMENSIONS

مفردها بعد ، وهي الطول والعرض والارتفاع والبعد الزمنيّ .

الاتجاه DIRECTION

خطّ الحركة التي يتخذها جسم ما .

- في الرياضيّات : صفة مشتركة بين جميع المستقيمات والسطوح المتوازية .

الأتروبين ATROPINE

في الكيمياء : مادّة شبه قلويّة سامّة بيضاء متبلّرة تستخرج من حشيشة البلادونا وتستخدم لتوسيع حدقة العين ومعالجة التشنّج .

الأثير ETHER

في الفيزياء : مائع افتراضي لا وزن له مطاط كان يعتبر عامل نقل الضوء والكهرباء .

أحاديّ التكافؤ MONOVALENT

في الكيمياء: ما له تكافؤ يساوي الوحدة .

أحاديّ الحمض MONOACID

في الكيمياء : حامض لا يوجد فيه سوى ذرّة هيدروجين حامض واحد في الجزيء .

أحاديّ الطور MONOPHASE

يقال على تيّار كهربائي متناوب ذي طور واحد .

أحاديّ الميل MONOCLINAL

في الجيولوجيا : بنية في التربة تكون فيها جميع الطبقات ذات انحدار مائل واحد .

أحاديّ الميل MONOCLINIC

في الفيزياء : يقال على البلّورات التي لها محور تماثل ثنائي .

الأحافير FOSSILS

بقايا نباتيّة أو حيوانيّة أو بشريّة متحجّرة .

الاحتجاب OCCULTATION

في علم الفلك : غياب مؤقت لكوكب نتيجة لمرور كوكب آخر أمامه .

الاحتكاك FRICTION

في الفيزياء : عمل جسمين متماسّين يتحرّك أحدهما على الأقلّ .

الاحتمال PROBABILITY

مفهوم علميّ وحتميّ للمصادفة . وحساب الاحتمال مجموعة من القواعد التي تمكّن من تحديد النسبة المئويّة لحظوظ حدوث حدث ما .

أحداث متعادلة الاحتمال

EQUIPROBABLE EVENTS

هي الأحداث التي يكون احتمال حدوثها متعادلاً أيّ إنّ احتمال حدوثها وعدم حدوثها واحد .

الإحداثيّات COORDINATES

في الرياضيّات : عناصر غايتها تحديد موقع نقطة على سطح أو في الفراغ بالنسبة إلى نظام مراجع معيّنة .

الإحداثيّات الجغرافية

GEOGRAPHIC CO-ORDINATES

على الكرة الأرضية أو على الخرائط الجغرافيّة : خطوط متقاطعة هي « خطوط الطول » و « خطوط العرض » تمكّن من تحديد موقع نقطة من سطح الأرض .

الإحصائيّات STATISTICS

فرع من الرياضيّات المطبّقة يقوم على مبادىء ناجمة عن نظريّة الاحتمالات غايته الجمع المنهجيّ ودراسة سلاسل الأحداث والمعطيات العدديّة .

الاختبار الضابط CONTROL EXPERIMENT

اختبار يجري للتأكّد من صحّة نتائج اختبارات أخرى .

الاختبار المائيّ HYDROLIC TEST

في الهندسة : اختبار التحمّل بالضغط المائيّ .

اختلاف المنظر PARALLAX

تغيّر ظاهريّ في موقع الشيء وبخاصة الجرم السماويّ المنظور بسبب من التغيّر أو الاختلاف في مكان الناظر .

أدياباتي ADIABETIC

في الفيزياء:يقال عن تحوّل جسم يتم بدون تبادل حرارة مع المحيط الخارجيّ .

ارتحال الإيونات MIGRATION OF IONS

في الفيزياء : اندفاع الإيونات نحو قطب أو لاحب أثناء التحليل أو الحلّ الكهربائيّ .

الارتفاع HEIGHT

في شكل هندسّي هو أقصر مسافة بين قاعدتيه أو بين القاعدة والرأس .

الإرستيد OERSTED

في الفيزياء : وحدة الشدة المغنطيسيّة .

الارتكاس REFLEX

مجموعة من إثارة حسّية والاستجابة الحركيّة أو الغدّية لها وهي دائما خارجة عن الإرادة

الإرغ ERG

في الميكانيكا : وحدة الشغل المطلقة في النظام المتريّ .

الأرغن ORGAN

آلة موسيقيّة هوائيّة ذات ملامس لها أنابيب وتستعمل بنوع خاصّ في الكنائس

الأرغون ARGON

عنصر كيميائيّ رمزه (جو) ووزنه الذريّ ٣٩,٩٤٨ .والأرغون غاز لا رائحة له ولا لون ولا يقوم بأي نشاط كيميائيّ يشكلّ ١/١٠٠ من الهواء .

الأرقام الأفقيّة

NUMBERS OF THE HORIZONTAL AXIS

الأرقام المكتوبة أفقياً أي الواحد إلى جنب الآخر .

الأرقام العموديّة

NUMBERS OF THE VERTICAL AXIS

الأرقام المكتوبة عمودياً أي الواحد تحت الآخر .

الأرقام العربيّة ARABIC NUMBERS

الأرقام الهنديّة الأصل التي أدخلها العرب إلى أوروبا ابتداء من القرن التاسع للميلاد وهذه صورتها : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

الأرقام المعنويّة SIGNIFICANT FIGURES

في الرياضيّات : أرقام العدد ذات القيمة أو الأرقام التي تقرّر قيمته .

الأرواحيّة ANIMISM

الاعتقاد بأن لكلّ ما في الكون وحتّى للكون ذاته روحاً أو نفساً .

أزرق الكوبالت COBALT BLUE

في الكيمياء : صبغ أزرق مخضرّ يتألف من أكسيد الكوبالت وأكسيد الالومينيوم .

الأزوت NITROGEN

عنصر كيميائي غازيّ عادم اللون والطعم والرائحة رمزه (ن) ووزنه الذرّي ١٤,٠٠٦٧ يدخل في تركيب الهواء وهو أحد العناصر الضرورية لحياة الحيوانات والنباتات .

الأسّ POWER, EXPONENT

في الرياضيّات : عدد أو حرف يوضع أمام عدد آخر للدلالة على قوّته (٤٣ تعني ٤×٤×٤) .

الأسبستوس ASBESTOS

الحرير الصخريّ وهو معدن لا يحترق ولا يوصل الحرارة ويكون على شكل خيوط تصنع منها الأقمشة والأدوات غير القابلة للاحتراق .

الاستبقائيّة RETENTIVITY

في الفيزياء : القدرة على الاحتفاظ بالمغنطيسيّة بعد زوال القوّة المغنطة .

الاستقرار STABILITY

في الفيزياء : حالة جسم جامد في حالة توازن يميل إلى الرجوع إلى وضعه الأساسي إذا أزيح عنه .

ـ في الكيمياء : حالة جسم مركّب يصعب تحليله .

الاستقطاب POLARIZATION

في الفيزياء : صفة تبدو في شعاع ضوئيّ بعد انعكاسه أو انكساره وتمكّنه من نقل ذبذبات موزّعة حول هذا الشعاع توزّعاً غير متساوٍ .

الأسطرلاب ASTROLABE

في علم الفلك : آلة فلكية قديمة لقياس ارتفاع الشمس والكواكب .

الأسطوانة CYLINDER

في الهندسة : شكل يحيط به دائرتان متوازيتان بينهما سطح مستدير .

في الميكانيكا : قطعة يتحرّك فيها مكبس المحرّك .

الإسقاط PROJECTION

في الجيولوجيا : عمليّة في رسم الخرائط قوامها إسقاط قسم من سطح الأرض الكرويّ على مستوٍ مسطّح .

ـ في الرياضيّات : تمثيل جسم على مستوٍ مسطّح يسمّى مستوي الإسقاط .

الإسقاط الجغرافيّ GEOGRAPHICAL PROJECTION

في الجغرافيا : عملية رسم خرائط تقوم على اسقاط السطح الكرويّ للأرض على مسطح مستوٍ .

الإسقاط السمتيّ ZENITHAL PROJECTION

رسم خريطة نصف الكرة الجنوبيّ باسقاط كلّ نقطة منه على طول مستقيم ينطلق من

القطب الشمالي إلى المستوي المماس للقطب الجنوبيّ .

الإسقاط العموديّ ORTHOGONAL PROJECTION

في الرياضيّات : إسقاط شكل على مستقيم أو على مستوٍ أو على سطح بواسطة خطوط عموديّة تنطلق من مختلف نقط الشكل .

الأسميوم OSMIUM

عنصر كيميائي رمزه (مز) ووزنه الذرّي ١٩٠,٢ يوجد في معدن البلاتين

الأشابة ALLOY

في الكيمياء : خليط من معدنين أو أكثر .

الإشارة SIGNAL

العلامة . والإشارة الجبريّة هي علامة الإفادة الجبرية وتكون على نوعين : موجبة (+) وسالبة (−) .

إشعاع RADIATION

في الفيزياء بث أشعّة أو جزيئات . والإشعاع عنصر مؤلّف لموجة ضوئيّة أو كهرطيسيّة كالإشعاع تحت الأحمر أو فوق البنفسجيّ

الاشعاع الشمسّي SOLAR RADIATION

الطاقة التي تبثّها الشمس والتي يمتصّ الأوزون في طبقة الجوّ العليا قسماً منها ويصل القسم الباقي إلى سطح الأرض .

الإشعاعيّة RADIANCE

كثافة الدفق الضوئيّ على سنتيمتر مربّع من سطح جسم ما .

أشعّة بيتا BETA RAYS

في الفيزياء : الكترونات مشحونة شحنة سالبة .

الأشعّة السينيّة X-RAYS

في الفيزياء : إشعاعات شبيهة بالإشعاعات الضوئيّة لكنها تفوقها تواتراً تحدثها الأجسام تحت تأثير الأشعّة المهبطيّة .

أشعة غما GAMMA RAYS

في الفيزياء : أشعّة كهرطيسيّة خاصّة يبثّها الراديوم وبعض الموادّ الأخرى ذات الفعّاليّة الإشعاعيّة .

الأشعّة الكاثوديّة CATHOD RAYS

في الكهرباء : الأشعّة المنبثقة من الكاثود عند حُدوث تفريغ كهربائيّ في غاز متخلخل .

الأشعّة الكونيّة COSMIC RAYS

في علم الفلك : إشعاع معقّد مرتفع الطاقة مصدرة فراغ ما بين الكواكب يؤيّن الهواء عند مروره في الجوّ وذلك عن طريق اقتلاع إلكترونات من الذرّات .

الأشعة المهبطيّة CATHOD RAYS

في الفيزياء : حزمة من الإلكترونات يبثّها المهبط في أنبوب يحتوي على غاز متخلخل .

الإصداء REVERBERATION

في علم البصريّات : انعكاس الضوء أو الحرارة .

- في علم الأصوات : استمرار الإحساسات السمعيّة في قاعة بعد توقف بثّ الصوت .

الاعتدال الربيعيّ أو الخريفيّ EQUINOX

اعتدال الليل والنهار مرّتين في السنة حوالى ٢١ مارس و٢٣ سبتمبر .

الأفق HORIZON

في الجغرافيا : ما ظهر من نواحي الفلك ماسّا أطراف الأرض .

أفقيّاً HORIZONTALLY

بطريقة موازية للأفق

الأكتينات ACTINIDES

في الكيمياء : العناصر التي يزيد عددها

الذرّي عن ٨٨ .

الاكتينيوم ACTINIUM

عنصر كيميائيّ رمزه (كت) ووزنه الذرّي ٢٢٧ يوجد في البتشبلند .

الأكسدة OXIDATION

في الكيمياء : عمليّة كيميائية يتم فيها تركيب الأكسجين مع مواد أخرى فيفعل فيها .

الأكسجين OXYGEN

عنصر كيميائيّ غازيّ رمزه (أ) ووزنه الذرّي **١٥,٩٩٩٤** وهو أكثر العناصر انتشاراً في الطبيعة لا لون له ولا طعم ولا رائحة يتحّد مع أكثر العناصر ولا سيما مع الهيدروجين لتكوين الماء . وهو غاز يعتبر أحد مقوّمات الماء والهواء وعماد الحياة الحيوانيّة والنباتيّة وهو عامل التنفسّ والاحتراق .

الأكسيد OXIDE

في الكيمياء : مركّب حاصل عن اتّحاد الأكسجين مع جسم آخر .

الأكسيد الأحاديّ MONOXIDE

في الكيمياء : أكسيد محتوٍ على ذرّة من الاكسجين في الجزيء .

ألفا ALFA

الحرف الأوّل من الابجديّة اليونانية شكله (α)

الإلفة AFFINITY

في الكيمياء : قوّة تحمل ذرّات الأجسام المختلفة في طبيعتها على الاتّحاد لتشكّل مركّباً ما .

الإلكترود ELECTRODE

في الفيزياء : في مقياس الفلطية وفي أنبوب من الغاز المتخلخل طرف كلّ من الموصّلات المنبثة في قطبي مولّد كهربائيّ .

الإلكتروفور ELECTROPHORUS

في الكهربائيّة : جهاز لتوليد الشحنات الكهربائيّة بالحتّ .

الإلكتروليت ELECTROLYTE

في الكيمياء : مركّب كيميائيّ بامكانه عندما يكون منصهراً أو مذاباً أن يتحلّل بالكهرباء عند مرور التيّار .

الإلكترومتر ELECTROMETER

في الكهرباء : مقياس فرق الجهد الكهربائي .

في الفيزياء : جهاز للكشف عن الإشعاعات الكهربائية الضئيلة وقياسها .

الإلكترون ELECTRON

في الفيزياء : دقيقة ذات شحنة كهربائية سالبة وهو أحد العناصر المكوّنة للذرّة .

إلكترون فلط ELECTRON-VOLT

في الفيزياء : وحدة طاقة تساوي ١,٦ × ١٠ ^١٢^ إرغ .

الإلكترونات البصريّة OPTICAL ELECTRONS

في الفيزياء : الكترونات الذرّة الخارجيّة الفاعلة في انبعاث الضوء .

الإلكترونيات ELECTRONICS

فرع من الفيزياء يبحث في انبعاث الإلكترونات أو آثارها في الخواء والغازات كما يبحث في استخدام الأدوات الإلكترونيّة .

الألوان المتتامّة

COMPLEMENTARY COLOURS

أزواج من الألوان إذا مزجت بنسب متساوية أعطت لوناً أبيض أو رماديّاً .

الألومينيوم ALUMINIUM

في الكيمياء : معدن أبيض لمّاع يذوب

بدرجة ٦٦٠ سنتيغراد ويستعمل في الكثير من الصناعات الحديثة لخفّته ولا سيما في صناعة السيارات والطائرات .

الامبير AMPERE

في الكهرباء : وحدة شدّة التيّار الكهربائي .

الامبير ساعة AMPERE HOUR

في الكهرباء : كميّة الكهرباء التي يبثّها في مدّة ساعة تيّار شدته أمبير واحد .

الامتزاج COMBINATION

في الكيمياء : اتّحاد عناصر كيميائيّة عدّة لتكوين جسم مركّب .

الامتصاص ABSORPTION

في الفيزيولوجيا : مرور الموادّ الناجمة عن الهضم في تجويف الأمعاء إلى الأوعية التي في جدارها بعد اختراق غشائها المخاطيّ .

الامتصاص الطيفيّ

SPECTRAL ABSORPTION

في الفيزياء : هو الطيف الذي يمكن الحصول عليه عن طريق حزم تخترق أجساماً قليلة الإشفاف . تكون أطياف الأجسام الصلدة متّصلة . أمّا أطياف الامتصاص الناجمة عن العناصر الغازيّة فتختلف باختلاف الغاز .

الأمونياك AMMONIA

في الكيمياء : غاز ذو رائحة قوية يتألف من نيتروجين وهيدروجين متحدين صيغته (ن يد ٣) يستعمل للتبريد ولانتاج المتفجرات كما يستعمل للتسميد .

الأميتر AMMETER

في الكهرباء : أداة مدرّجة بالامبير ومعدّة لقياس شدّة التيّار الكهربائيّ .

إناء ديوار DEWAR FLASK

وعاء زجاجي أو معدني مفرّغ لمنع انتقال الحرارة يستخدم بخاصّة لخزن الغازات المسيّلة .

الأنبوب TUBE

جسم أجوف من المعدن أو غيره يتخذ مجازاً للسوائل .

أنبوب التفريغ DISCHARGE TUBE

أنبوب يحتوي على غاز بضغط منخفض يمّر من خلاله تيّار كهربائيّ .

الأنبوب الشعري CAPILLARY TUBE

في الفيزياء : أنبوب ذو قطر غاية في الضيق تحدث فيه ظاهرات جاذبيّة شعريّة .

الانتحاء الكيميائيّ CHEMOTROPISM

في النبات : اتّجاه العضو في نموّه بفضل التجاذب الكيميائيّ .

الأنتيمون ANTIMONY

عنصر كيميائي رمزه (نت) ووزنه الذرّي ١٢١,٧٥ . معدن أبيض مائل إلى الزرقة ينكسر بسهولة ولا يوصّل الكهرباء .

الأنثروبوغرافيا ANTHROPOGRAPHY

فرع من علم الإنسان يصف خصائص الأعراق والشعوب وتوزّعها الجغرافيّ .

الأنثروبولوجيا ANTHROPOLOGY

علم الإنسان وهو علم يبحث في أصل الجنس البشريّ وتطوّره واعرافه وعاداته ومعتقداته .

الأنثوسيانين ANTHOCYANIN

في علم النبات : أحد الأصباغ الذائبة في العصير الخلويّ والتي تسهم في تلوين الأوراق والأزهار بالزرقة أو بالحمرة .

الأنجر ANCHOR

في البحريّة : قطعة من الفولاذ معلّقة بكبل

أو بسلسلة لتثبيت سفينة .

الإنحراف ABERRATION

في علم الفلك : انتقال ظاهريّ لصورة نجم يرى في التلسكوب .

الانحراف VARIATION

في علم الفلك : انحراف الجرم السماويّ عن مداره المألوف .

الانحراف الزاويّ DECLINATION

في علم الفلك : البعد الزاويّ لنجم أو كوكب شمالاً أو جنوباً عن خطّ الاستواء السماويّ .

الإنديوم INDIUM

عنصر كيميائيّ رمزه (ند) ووزنه الذرّي ١١٤,٨٢ . وهو معدن أبيض .

الإنذار ALARM

التنبيه إلى خطر .

الإنش INCH

في الرياضيات : وحدة طول أنجلوسكسونيّة تساوي ٢,٥٤ سنتميتراً .

الإنضغاطيّة COMPRESSIBILITY

كون الشيء قابلاً للانضغاط .

الإنعكاس REFLECTION

في الفيزياء : تغير اتجاه الموجات الضوئية أو الحراريّة أو الصوتيّة بعد وقوعها على سطح عاكس .

الانعكاس الخطّي LINE REFLECTION

في الكهرباء : انعكاس طاقة الإرسال لوجود ثغرة في خط النقل .

الأنغستروم ANGSTRÖM

في الفيزياء : وحدة طول تستعمل في الفيزياء المجهريّة وتساوي جزء من عشرة آلاف جزء من الميكرون أو ١٠-٧ ملم .

الإنفار INVAR

في علم المعادن : سبيكة معدنيّة أساسها الحديد والنيكل لا تمدّد بالحرارة .

الإنفجار EXPLOSION

في الفيزياء : ارتجاج يرافقه دويّ يحدث عند انعتاق قوّة ناجمة عن تمدّد سريع وقويّ لغاز تحت تأثير تفاعل كيميائيّ .

الأنفيّة NOSEPIECE

الجزء من المجهر الذي تعلق فيه الشريحة الزجاجيّة المراد فحصها .

الانقلاب الكهربائي الحراري THERMOELECTRIC INVERSION

في الفيزياء : نقصان القوّة الكهربائيّة الدافعة في المزدوجة عندما تتجاوز الحرارة حدّاً معيّناً .

الأنود ANODE

في الكهرباء : إلكترود وصول التيّار الكهربائيّ في مقياس الفلطيّة أو في أنبوب غاز متخلخل .

الأنيدريد ANHYDRIDE

مركّب يشتق بفصل عناصر الماء من مادّة ما .

إهتزاز VIBRATION

الاهتزاز حركة تذبذبيّة سريعة . والاهتزاز حركة دوريّة لنظام ماديّ حول وضع توازنه المستقرّ .

- في الموسيقى : ارتجاج خفيف يحدثه القوس على أوتار آلة موسيقيّة .

الإهليلج ELLIPSE

في الرياضيّات : منحنٍ مسطّح محدّب مغلق له محورا تماثل وتكون كلّ نقطة من نقاطه بحيث انّ مجموع مسافتيها إلى نقطتين ثابتتين تسمّيان « بؤرتين » يظلّ ثابتاً .

الأوتار الصوتيّة VOCAL CORDS

تكثّف في الطبقة العضليّة الغشائيّة في الحنجرة يشكل زوجاً من الطيّات يحيط بالمزمار أي فم الحنجرة ويحدث صوتاً عند اهتزازه .

الأوج APHELION

في علم الفلك : النقطة التي يكون فيها الكوكب السيّار أبعد ما يمكن عن الشمس .

الأورانوغرافيا URANOGRAPHY

علم وصف السماء والأجرام السماويّة .

الأورانولوجيا URANOLOGY

دراسة السماء والأجرام السماويّة .

الأوزون OZONE

في الكيمياء : شكل تأصليّ للأكسيجين جزيئه ثلاثيّ الذرّة .

الأوزونو متر OZONOMETER

أداة لقياس مقدار الأوزون الموجود في الهواء .

الأوم OHM

في الكهرباء : وحدة مقاومة كهربائيّة

الإيثان ETHANE

في الكيمياء : هيدروكربون غازيّ عديم اللون والرائحة يكون في الغاز الطبيعيّ ويتّخذ وقوداً صيغته ك٢ يد٦ .

الإيريديوم IRIDIUM

عنصر كيميائيّ رمزه (يم) ووزنه الذرّي ١٩٢,٢ . وهو معدن أبيض شديد القساوة يقاوم التفاعل الكيميائيّ ويوجد في بعض مناجم البلاتين .

الإيون ION

في الفيزياء : ذرّة غازيّة مكهربة تحت تأثير بعض الإشعاعات . والإيونات ذرّات فقدت بعض كهيرباتها أو حصلت على كهيربات جديدة .

الإيونوسفير IONOSPHERE

الغلاف الإيونيّ وهو الجزء المؤيّن من جوّ الأرض الذي يبدأ على ارتفاع ٢٥ ميلاً تقريباً ويمتدّ الى ارتفاع ٢٥٠ ميلاً أو أكثر .

الإيونيوم IONIUM

في الكيمياء : نظير طبيعي للثوريوم إشعاعيّ النشاط .





الباثوليت BATHOLITE

في علم طبقات الأرض : كتلة ضخمة من صخر ناريّ توقّفت في ارتفاعها عند نقطة ما تحت سطح الأرض .

البارافين PARAFFINE

في الكيمياء : اسم نوعيّ يطلق على جميع كربورات الهيدروجين المشبعة .

البارامتر PARAMETER

في الرياضيّات : مقدار متغيّر القيمة تتعينّ باحدى قيمه نقطة أو منحنٍ أو دالّة .

الباروسكوب BAROSCOPE

أداة تسجّل تغيّرات الضغط الجوّي .

البارومتر BAROMETER

في الفيزياء : آلة تستعمل لقياس ضغط الهواء وبالتالي الارتفاع الذي يمكن الوصول إليه . وهي تمكن من ارتقاب تقريبي لتقلبات الجو .

البارومتر المسجل

REGISTERING BAROMETER

بارومتر معدنيّ مزوّد بإبرة لها ريشة ترسم منحنياً على ورقة أسطوانة دوّارة .

البارومتر المعدنيّ ANEROID BAROMETER

بارومتر يتألف من علبة معدنيّة أفرغ منها الهواء تنضغط وفاقا لتقلبات الضغط الجوّي .

الباريوم BARIUM

عنصر كيميائي معدنيّ رمزه (با) ووزنه الذرّي ١٣٧,٣٤ .

البثّ EMISSION

عمل إحداث أو نقل كبث الضوء وبث الصوت وما أشبه .

البخار STEAM

في الفيزياء : غاز ناجم عن تبخّر سائل وأحياناً عن تبخّر جسم جامد .

ـ جسم غازيّ يتصاعد من الأجسام الرطبة تحت تأثير الحرارة .

بدهيّ EVIDENT

كلّ ما يفرض نفسه على العقل لصفته اليقينيّة .

البدهيّة AXIOM

قضيّة واضحة في ذاتها ولا يمكن البرهان على صحّتها .

البذلة الفضائية SPACE SUIT

بذلة خاصّة يرتديها رواد الفضاء .

البرق LIGHTNING

نور يلمع في السماء على أثر احتكاك كهربائي يحصل في السحاب سببه عدم التوازن بين الغيوم أو بينها وبين الأرض .

البروبان PROPANE

في الكيمياء : كربور مائيّ مشبع صيغته (ك$_٣$يد$_٨$) يستعمل كوقود .

البروتون PROTON

جزيء مادّي ذو شحنة موجبة ويُشكل نواة

ذرّة الهيدروجين . وهو مع النيوترون أحد عنصري نوى جميع الذرّات .

البرونز BRONZE

أشابة من النحاس والقصدير يدخلها أحيانا الزنك .

البزموث BISMUTH

عنصر كيميائيّ رمزه (بز) ووزنه الذرّي ٢٠٨,٩٨ وهو معدن أبيض سنجابي مائل إلى الحمرة يستعمل بخاصّة مخلوطاً مع معادن أخرى .

البصريّات OPTICS

فرع من الطبيعيّات يبحث في الضوء وقوانينه .

البصريات الإلكترونيّة ELECTRON OPTICS

فرع من الإلكترونيّات يبحث في خصائص شعاعات الإلكترونات المجانسة لخصائص أشعّة الضوء .

البعد DISTANCE

المسافة بين نقطتين

البكتيريا BACTERIA

في علم الأحياء : اسم يطلق على مجموعة من الكائنات الحيّة الوحيدة الخليّة البسيطة التركيب .

البل BEL

في الفيزياء : وحدة لقياس منسوب القدرة تساوي ١٠ دسيبل .

البلاتين PLATINUM

عنصر كيميائي رمزه (بلا) ووزنه الذرّي ١٩٥,٠٩ وهو معدن كريم مائل إلى البياض الرماديّ يعتبر أثقل المعادن وأثمنها ولا يتأثر بالهواء ولا يتفاعل مع الحوامض .

البلاّديوم PALLADIUM

عنصر كيميائيّ رمزه (بلد) ووزنه الذرّي ١,٦,٤ وهو معدن أبيض قاس من أهم خواصّه أنّه يمتصّ الهيدروجين . بعض املاحه تستعمل في التصوير الشمسّي .

البلانيسفير PLANISPHERE

خريطة تظهر في مستوٍ واحد نصفي الكرة السماويّة أو الأرضيّة .

البلغم PHLEGMA

في التشريح : أحد أخلاط الجسم الأربعة عند القدماء وهو المادّة اللزجة التي تفرز في الحلق ويخرجها السعال .

البلّور CRYSTAL

في الفيزياء : مادّة معدنيّة جامدة غالباً ما تكون شفّافة لها شكل هندسّي محدّد .

البليون BILLION

ألف مليون في فرنسا والولايات المتحدة الامريكيّة ومليون مليون في انجلترا وألمانيا .

البندول PENDULUM

في الفيزياء : جسم يتحرّك حول نقطة ثابتة ويتذبذب تحت تأثير ثقله .

بنكروماتي PANCHROMATIC

في التصوير الشمسّي : حسّاس لجميع ألوان الطيف المرئيّة .

البنية STRUCTURE

ترتيب أجزاء كلٍّ في ما بينها .

- في الجيولوجية : طبيعة طبقات الأرض وترتيب بعضها بالنسبة إلى بعضها الآخر .

البوتاسيوم POTASSIUM

عنصر كيميائيّ رمزه (بو) ووزنه الذرّي ٢١. . وهو معدن قلويّ يستخرج من البوتاس ، خفيف ولدن ويتأكسد بسهولة .

البوتان BUTANE

في الكيمياء : كربور مائي غازيّ يستعمل

كوقود ويباع مسيّلاً تحت ضغط خفيف في قناني معدنية . صيغته ($ك_{٤} يد_{١٠}$) .

البؤرة FOCUS

في الفيزياء : النقطة التي تلتقي فيها الأشعّة المتوازية بعد انعكاسها أو انكسارها .

- في علم البصريّات : مركز تجمّع الضوء بعد مروره من خلال عدسة .

البوصلة COMPASS

آلة تتألف من ميناء ومن إبرة ممغنطة تتحرّك فوقه على محور وتشير دائماً إلى اتّجاه الشمال .

البوق TRUMPET

آلة نفخ موسيقيّة لها فم ذو مكابس ، من فئة الآلات النحاسيّة، تحتوي على أنبوب اسطوانيّ ملويّ على ذاته وتنتهي بفتحة عريضة .

البولومتر BOLOMETER

في الفيزياء : مقياس الطاقة الإشعاعيّة الحراريّة .

البولومتر الطيفيّ SPECTROBOLOMETER

في الفيزياء : مقياس طيفيّ للطاقة الحراريّة الإشعاعيّة .

البولونيوم POLONIUM

عنصر كيميائي رمزه (بلو) ووزنه الذرّي ٢١٠ وهو معدن مشعّ كثيراً ما يرافق الراديوم .

البوليمر POLYMER

مركّب كيميائيّ طبيعيّ أو اصطناعيّ يشكّل بالتكثيف .

البومباردون BOMBARDON

آلة موسيقيّة من آلات النفخ .

البيان PIANO

آلة موسيقيّة ذات ملامس وذات أوتار تنقر بمطارق صغيرة .

البيان القيثاريّ HARPSICHORD

بيان قديم قيثاريّ الشكل .

بيتا BETA

الحرف الثاني من الأبجديّة اليونانية شكله (ß) .

البيرومتر PYROMETER

في علم الحرارة : مقياس درجات الحرارة المرتفعة جدّاً .

البيريليوم BERYLLIUM

عنصر كيميائيّ رمزه (بير) ووزنه الذرّي ٠,٠١٢٢ .

البيفاترون BEVATRON

في الفيزياء : جهاز يستعمل لتسريع البروتونات .



ت

التابع SATELLITE

في علم الفلك : كوكب يدور حول سيّار وفاقا لقوانين كبلر .

التأيّن IONIZATION

تكوين ايونات في غاز أو في إلكتروليت

التباطؤ DECELERATION

في الفيزياء : تخفيف الحركة أو السرعة لجسم ما أو لقطعة في آلة .

التبخّر EVAPORATION

في الفيزياء : تحوّل بطيء لسائل إلى بخار دون أن يصل ضرورة إلى درجة الغليان .

التجاذب التثاقليّ

GRAVITATIONAL ATTRACTION

التجاذب الذي يؤمن لكل جسم ثقله محاولاً دفعه باتجاه مركز الأرض والذي يحفظ السيّارات حول الشمس .

التجاذب الجزيئي

MOLECULAR ATTRACTION

في الفيزياء : القوة الحاصلة بين أجزاء الجسم الجامد الواحد .

التجاذب الكهربائي

ELECTRIC ATTRACTION

قوة جذب الأجسام المكهربة للأجسام الخفيفة .

التجبُّن CASEATION

في الطبّ : تحوّل الأنسجة إلى كتلة محبّبة متعجّنة شبيهة بالجبن كما في مرض السلّ .

التجربة الضابطة CONTROL EXPERIMENT

تجربة تجرى للتأكّد من صحّة نتائج اختبارات أخرى .

التجمُّع الغازي GAS FOCUSING

تركيز الشعاع في أنبوب أشعّة الكاثود بفعل الغاز المتأيّن

التحاتّ CORROSION

في علم طبقات الأرض : بلى الصخور بفعل الرياح والمياه .

التحلّل الضوئيّ PHOTOLYSIS

تفكّك كيميائي بتأثير الطاقة المشعّة .

التحليل ANALYSIS

تقسيم مادّة مركّبة الى عناصرها المكوّنة لها .

- في الرياضيات : فرع من العلوم الرياضيّة يدرس الدالأت والحدود والمشتقات .

التحليل بالكهرباء ELECTROLYSIS

في الكيمياء : تحليل كيميائيّ لبعض الموادّ المنصهرة أو المذابة بمرور تيّار كهربائيّ .

تحليل بالماء HYDROLYSIS

إنشطار بعض الأجسام المركّبة بواسطة الماء.

التحليل الطيفيّ SPECTRAL ANANLYSIS

في الفيزياء :عمليّة دراسة الأطياف الغازيّة لمعرفة نوع الغاز الذي يدرس طيفه.

التحويل DIVERSION

تغيير الاتّجاه.

التخلّج ATAXIA

في الطبّ : عدم القدرة على تنسيق الحركات العضليّة الإراديّة .

تراجعيّ RETROGRADE

في علم الفلك : متحرّك في اتّجاه مضادّ للاتّجاه المألوف عند الأجرام المماثلة .

الترانزستور TRANSISTOR

جهاز ذو نصف موصل بامكانه تضخيم تيّار كهربائيّ وإحداث اهتزازات كهربائية ويطلق أيضاً على جهاز راديو مزوّد بترانزستورات .

التراوح FLUCTUATION

في الفيزياء : انتقال متناوب لكتلة من السائل .

التربيع QUADRATURE

في الهندسة : إيجاد المربّع المساوي في المساحة لسطح معيّن .

- في علم الفلك : وضع التيار المتعامد مع خط الشمس والأرض .

تربيع الدائرة SQUARING THE CIRCLE

هو رسم مربّع تعادل مساحته تماماً مساحة دائرة . حيّرت العملية عقول قدماء الرياضيين ويمكن حلّها بواسطة الجبر .

الترجاف PERTURBATION

في علم الفلك : اضطراب الجرم السماويّ في حركته المداريّة بسبب من قوّة غير تلك التي تسبّب دورانه النظاميّ .

الترجُّح OSCILLATION

في الفيزياء : حركة جسم ينتقل دورياً في اتّجاه وفي الاتّجاه المقابل مارّاً دائماً في الأوضاع ذاتها .

التردّد FREQUENCY

في الفيزياء : مقدار تكرار الحركة أو عدد الاهتزازات أو الموجات أو الدورات في الثانية .

ترس التعشيق GEAR

في الميكانيكا : دولاب مسنّن يرتكز على قضيب محلزن لنقل الحركة .

الترس الفلكي SOLAR GEAR

في الهندسة : مجموعة تروس دوّارة حول ترس مركزيّ ثابت .

التركيب الضوئيّ PHOTOSYNTHESIS

في الكيمياء : تركيب جسم كيميائيّ ذي مادّة عضويّة بواسطة الطاقة الضوئيّة .

التركيب الكيميائيّ CHEMOSYNTHESIS

عمليّة يتمّ فيها بناء موادّ عضويّة من مواد أخرى أبسط منها باستعمال طاقة كيميائيّة .

التركيز CONCENTRATION

في الفيزياء : كتلة جسم مذاب في وحدة حجم محلول .

الترموستات THERMOSTAT

في الهندسة والفيزياء : مثبّت أوتوماتيكيّ لدرجة الحرارة .

الترموفون THERMOPHONE

في الكهرباء والهندسة : معيار حراريّ صوتيّ للمكروفونات .

التزييغ ANAMORPHISM

حالة تبدو فيها لوحة مزيّحة فإذا نظر إليها من زاوية معيّنة بدت قويمة .

التسارع ACCELERATION

في الميكانيكا التسارع هو تغير سرعة جسم متحرّك في اتّجاه ما في وقت معيّن ، ويزداد التسارع بازدياد القوّة المؤثّرة على الجسم المتحرّك .

التشاكليّة ISOMORPHISM

في الكيمياء : صفة للأجسام التي بوسعها

أن تشكّل بلورات مشتركة.

التشبّع SATURATION

حالة محلول يحتوي أكبر كمّية ممكنة من جسم مذاب .

التشتّت البصريّ OPTICAL DISPERSION

في الفيزياء : تشتّت سببه تغيّر معامل الإنكسار تبعاً للطول الموجيّ .

تشتّت الضوء DISPERSION OF LIGHT

في الفيزياء : تحليل حزمة ضوئية مركبة إلى إشعاعاتها المختلفة .

التشخيص DIAGNOSIS

فرع من الطبّ يسعى إلى معرفة الأمراض عن طريق دراسة عوارضها .

التشوّه DISTORTION

خلل في شيئية آلة تصوير شمسّي يعطي صورة لا تشبه الشيء المصوّر .

التشويهيّة DIASTROPHISM

في الجيولوجية : عمليّة التشويه التي تغيّر شكل القشرة الأرضيّة محدثة القارّات والجبال والتضاريس المختلفة.

التصعيد CRESCENDO

في الموسيقى : تعاظم في حجم الصوت وبخاصّة في الموسيقى .

ـ في الكيمياء : التحوّل المباشر لجسم جامد إلى بخار دون المرور بالحالة السائلة.

التصنيف CLASSIFICATION

توزيع منهجيّ إلى أصناف استناداً إلى معايير دقيقة كتصنيف المعادن وتصنيف الحيوانات والنباتات .

التضخّم المالي INFLATION

في علم الاقتصاد : عدم توازن اقتصاديّ يتميّز بارتفاع عامّ للأسعار ناجم عن وفرة قدرة الشراء عند مجموع المستهلكين بالنسبة إلى كمية السلع والخدمات الموضوعة بتصرّفهم .

التطوّر EVOLUTION

في علم الحياة : حركة التغيّر في الكائنات الحيّة لتحقيق تكيف أفضل مع البيئة .

التفاعل INTERACTION

في الكيمياء : تغيّر يحدث في طبيعة الموادّ الكيميائيّة تحت تأثير بعضها في بعضها الآخر .

التفريغ DISCHARGE

التفريغ الكهربائي ظاهرة تحدث عندما يفقد جسم مكهرب شحنته .

التقاطع INTERSECTION

جزء مشترك بين مجموعتين .

ـ في الرياضيّات : مجموعة النقط أو العناصر المشتركة بين خطّين أو سطحين أو شكلين فراغيينّ أو أكثر .

التقبّض الكهربائيّ ELECTROSTRICTION

في الفيزياء : تغيّر أبعاد الوسط العازل في مجال كهربائيّ .

التقزّح DISPERSION

في البصريّات : استحالة الضوء الأبيض إلى الأضواء ذات الألوان المتدرّجة في الحمرة إلى البنفسجيّة بواسطة موشور من الزجاج .

التكديس ACCUMULATION

في الفيزياء : تجميع مواد تحت تأثير الماء الجاري أو الهواء أو البحر .

التكسير بالحفز CATALYTIC CRACKING

في الكيمياء : تقطير هدّام للزيوت بواسطة عامل حفّاز .

التكنولوجية TECHNOLOGY

دراسة الأدوات والطرائق والوسائل المستعملة في مختلف فروع الصناعة .

التكنولوجية الحياتية BIOTECHNOLOGY

فرع من التكنولوجية يعنى بتطبيق المعطيات الحياتيّة والهندسيّة على المشكلات المتعلقة بالإنسان والآلة .

التكيون TACHYON

في الفيزياء : جسيمات يفترض أن سرعتها تفوق سرعة الضوء (٣٠٠٠٠٠ كلم في الثانية) ولكن لم يعثر عليها بعد .

التلبيس بالكهرباء ELECTROPLATING

تلبيس معدن بمعدن آخر من الذهب أو البلاتين أو الفضة أو سواهما بواسطة التحليل الكهربائي .

التلسكوب اللاسلكيّ RADIO TELESCOPE

في علم الفلك : آلة استقبال تستعمل في دراسة الكواكب بالاستناد إلى الموجات الكهرطيسيّة المنبثقة منها .

التلفزيون TELEVISION

جهاز تنقل إليه الصور عن بعد بواسطة تيارات كهربائيّة أو موجات هرتزيّة .

التلوّث POLLUTION

في علم البيئة : أتساخ البيئة بموادّ سامّة أو بأوساخ تنتشر في الهواء وفي الماء وتنجم عنها أمراض عدّة تصيب الإنسان والحيوان والنبات .

التليميتر TELEMETER

آلة تقاس بواسطتها المسافة بين مراقب ونقطة بعيدة عنه .

التماسك COHESION

في الفيزياء : قوة تجمع معاً الأجزاء المختلفة من سائل أو من جامد .

التمثيل الضوئي PHOTOSYNTHESIS

في علم النبات : تركيب جسم كيميائيّ ذي مادّة عضويّة بواسطة الطاقة الضوئيّة عن طريق النباتات اليخضوريّة .

التنافر REPULSION

في الفيزياء : نتيجة القوى التي تعمل على إبعاد جسم عن جسم آخر .

التناقض الظاهريّ PARADOX

تناقض يُفضي إليه في بعض الحالات الاستدلال المجرّد .

التنجستن TUNGSTEN

عنصر كيميائيّ رمزه (تن) ووزنه الذرّيّ ١٨٣,٨٥ وهو معدن يستعمل لصنع فتايل القناديل المتوهّجة .

التنجيم ASTROLOGY

علم قديم مختص بدراسة تأثير الأبراج على مصير الإنسان .

التنسيق COORDINATION

ترتيب العناصر المنفصلة لتأليف مجموعة ما .

التنويم المغناطيسي HYPNOSIS

في طب الأمراض النفسيّة : إدخال الإنسان في حالة نوم يستجيب فيها لإيحاءات وليستعيد ذكريات منسيّة . وهو من طرائق المعالجة النفسيّة .

التهرّب FRINGING

تهرّب المجال المغناطيسيّ حول فجوة هوائيّة .

التواتر FREQUENCY

في الفيزياء : عدد الذبذبات في وحدة زمنية في ظاهرة دوريّة .

تواتر التضمين MODULATION FREQUENCY

نظام من التواتر يبدّل تواتر الموجة الحاملة في حين أنّ سعات الموجة الحاملة تظل ثابتة .

التواتر المرتفع HEIGH FREQUENCY

في الفيزياء : تواتر ملايين عدّة من فترات

الذبذبة في الثانية .

التواتر المنخفض LOW FREQUENCY

في الفيزياء : تواتر يتراوح بين ٣٠ كيلوهرتز و ٣٠٠ كيلوهرتز .

توازن EQULIBRIUM

في الفيزياء : حالة سكون ناجمة عن قوى تتقابل وتتعادل .

التوتـر TENSION

في الهندسة والكهرباء : الجهد الكهربائي فيقال توتر ١١٠ فلط مثلاً .

التوصيل CONDUCTION

توصيل الضوء أو الحرارة أو الصوت أو الكهرباء بواسطة موصّل .

التوضيح ILLUSTRATION

تزويد نص بالرسوم التوضيحيّة .

توقّف الصفر ZERO PAUSE

في الكهرباء : توقّف التيّار المتناوب اللحظي بين نصفي دورتيه .

التوهج INCANDESCENCE

في الفيزياء : حالة جسم يصبح نيّراً تحت تأثير حرارة مرتفعة .

التيتانيوم TITANIUM

عنصر كيميائي رمزه (تي) ووزنه الذرّي ٤٧,٩٠ .

التيّار CURRENT

في الكهرباء : انتقال الكهرباء على طول مادّة موصّلة .

التيّار المتناوب ALTERNATING CURRENT

تيّار يتغيّر فيه اتجاه الكهرباء وشدّتها بسرعة ودوريّاً .

التيّار الدائري CIRCULAR CURRENT

في الكهرباء : تيار ممرّه عبارة عن دائرة .

تيّار دوّامي EDDY CURRENT

تيار يخالف التيّار الرئيسّي .

تيّار زينر ZENER CURRENT

في الكهرباء : التيّار عبر جسم عازل في مجال كهربائيّ شديد .

التيّار الضوئيّ PHOTO CURRENT

تيّار من الإلكترونات يحدث عن طريق التأثير الكهربائيّ الضوئيّ .

التيار الكهربائيّ ELECTRIC CURRENT

الكهرباء التي تمرّ في سلك موصّل .

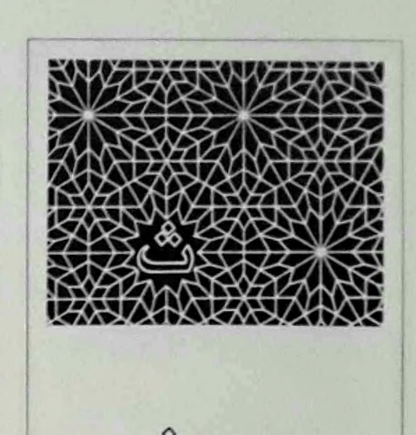
التيّار المتواصل DIRECT CURRENT

في الكهرباء : تيّار يحافظ دائماً على اتجّاه واحد .

التيّار المستمرّ CONTINUOUS CURRENT

في الكهرباء : تيّار لا يتغيّر اتجّاه انتشاره وتظلّ شدّته ثابتة إلى حدّ بعيد .





الثابت الشمسي SOLAR CONSTANT

مقدار الحرارة الشمسيّة الواقع عادة على الطبقة الخارجيّة من جوّ الأرض والبالغ ١,٩٤ سُعراً غرامياً في السنتيمتر المربّع في الدقيقة .

ثاني أكسيد الكربون CARBON DIOXIDE

في الكيمياء : غاز ناجم عن اتّحاد الكربون بالاكسيجين وهو موجود في الهواء وذائباً في الماء .

ثاني أكسيد النيتروجين

NITROGEN DIOXIDE

في الكيمياء : جسم كيميائي مركّب صيغته (ن أ٢) .

الثايريستور THYRISTOR

في الإلكترونيّات : مقوّم ترانزيستوريّ .

الثقل الموازن COUNTERWEIGHT

ثقل يستعمل لموازنة قوّة أو ثقل آخر .

ثقل الموازنة BALLAST

ثقل يستخدم في سفينة أو منطاد لحفظ التوازن .

الثمنية OCTANT

في الرياضيّات : أداة لقياس الزوايا ذات قوس منقسم إلى ٤٥ درجة .

ثنائيّ الذرّة DIATOMIC

في الكيمياء : جسم يحتوي على ذرّتين في الجزيء الواحد .

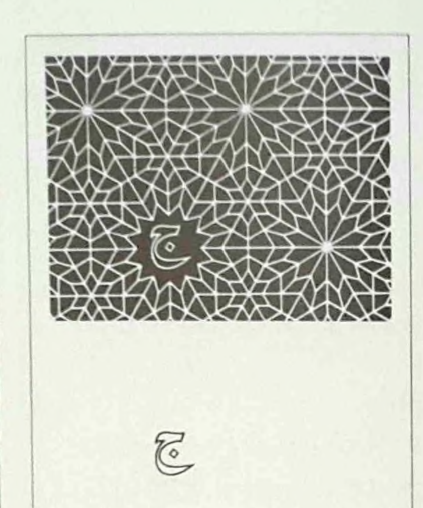
الثوريوم THORIUM

عنصر كيميائيّ رمزه (ثو) ووزنه الذرّي ٢٣٢,٠٣٨ وهو معدن نادر مشعّ .

الثوليوم THULIUM

عنصر كيميائيّ رمزه (ثل) ووزنه الذرّي ١٦٨,٩٣٤ وهو نادر الوجود .





الجاذبيّة GRAVITATION

فِي الفيزياء : قوّة تتجاذب بموجبها جميع الأجسام المادّية طرداً مع كتلها وعكساً مع مربّع أبعادها .

الجاذبيّة الشعريّة CAPILLARITY

فِي الفيزياء : مجموعات الظاهرات التي تحدث على سطح سائل ولاسيماً في الأنابيب الشعريّة .

الجبال الروسيّة ROLLER-COSTER

سكّة حديد مرتفعة (في مدينة الملاهي) تتلوّى وتنخفض وتجري فوق قضبانها عربات صغيرة .

الجبر ALGEBRA

علم رياضي يعتمد على الرموز والأحرف لاستخراج المجهولات الحسابيّة .

الجبهة القطبيّة POLAR FRONT

الحدود بين هواء المنطقة القطبيّة البارد والهواء الدافىء نسبيّاً في المنطقة الأقرب إلى خطّ الاستواء .

الجذب ATTRACTION

فِي الفيزياء : قوّة بموجبها يجذب جسم جسماً آخر .

الجذب الكهربائي ELECTRIC ATTRACTION

فِي الفيزياء : القوّة التي بها تجذب الأجسام المكهربة أجساماً خفيفة .

الجذب المغناطيسي MAGNETIC ATTRACTION

فِي الفيزياء : القوة التي بموجبها يجذب المغناطيس الحديد .

الجرزة PILE

سلسلة صفائح من معادن مختلفة يفصل ما بينها قماش أو ورق مبلّل بحامض لتوليد تيّار كهربائيّ .

الجرس القرصي GONG

آلة موسيقيّة تتألف من قرص معدنيّ ينقر بمطرقة مكسوّة بقماش .

جزء لا يتجزأ ATOM

هو الذرّة (انظرها)

الجزيء MOLECULE

فِي الكيمياء : أصغر جزء مستقلّ من المادّة يصّح أن يوجد محتفظاً بالخواصّ الكيميائيّة لهذه المادّة التي هو جزء منها .

الجسم المضادّ ANTIBODY

مادّة تتكوّن داخل الجسم لمقاومة البكتيريات .

الجسيم PARTICLE

فِي الفيزياء : كلّ من مقوّمات الذرة في الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات .

جسيمات ألفا ALFA PARTICLES

فِي الفيزياء : نوى هيليوم ذات شحنة موجبة تتكوّن من بروتونين ونيوترونين .

الجغرافيا GEOGRAPHY

علم يبحث في وصف الشكل الحالي

الطبيعيّ والبشري لسطح الأرض وتفسيره .

الجغرافيا الاقليميّة REGIONAL GEOGRAPHY

فرع من الجغرافيا يدرس نقطة معيّنة أو مجموعة ظاهرات في إطار منطقة ما .

الجغرافيا البشرية HUMAN GEOGRAPHY

فرع من الجغرافيا مختص بدراسة الحياة البشرية على الأرض وتوزيع السكّان على المناطق .

الجغرافيا التشكيليّة GEOMORPHOLOGY

فرع من الجغرافيا يعني بوصف تضاريس الكرة الأرضيّة الحاليّة وتفسيرها بالاستناد الى تطوّرها وهي تقسم إلى جغرافيا مناخيّة تحلّل تأثير المناخ على تطوّر أشكال التضاريس والجغرافيا البنيويةّ حيث تبرز دراسة تأثير البنية الجيولوجية .

الجغرافيا الحياتيّة BIOGEOGRAPHY

فرع من الجغرافيا مختصّ بدراسة الكائنات الحيّة من حيوانات ونباتات وتوزيعها على سطح الأرض .

الجغرافيا الحيوانيّة ZOOGEOGRAPHY

فرع من الجغرافيا مختص بدراسة الحيوانات وأنواعها ومواطنها وتوزيعها على سطح الأرض .

الجمع ADDITION

في الرياضيّات : أولى العمليات الحسابية الأساسيّة التي تجمع في قيمة واحدة قيمتين أو أكثر من طبيعة واحدة .

الجهات الأصليّة CARDINAL POINTS

في الجغرافيا : أربع جهات هي الشرق والغرب والشمال والجنوب .

الجهاز APPARATUS

مجموعة من أدوات مختلفة تمكّن من القيام بعمل أو ملاحظة ظاهرة أو تحقيق بعض القياسات .

جهاز الإسقاط PROJECTOR

آلة لإسقاط الصور على شاشة .

الجهد POTENTIAL

في الكهرباء : حالة كهربائيّة لموصّل بالنسبة إلى موصّل آخر . فيقال إنّ لموصلين مكهربين الجهد ذاته عندما يوصلان بسلك موصّل فلا تنتقل أيّة كمية كهربائيّة من أحدهما إلى الآخر .

الجيب SINUS

النسبة بين أضلاع مثلّث قائم الزاوية تتعلق بزاوية القاعدة أ . فجيب أ هو طول ضلع المثلّث المقابل للزاوية أ مقسوماً على الضلع الأطول .

جيب التمام COSINUS

في الرياضيّات : طول الضلع المجاور لزاوية مقسوماً على الضلع الأطول .

جيلبرت GILBERT

في الفيزياء : وحدة لقياس القوّة الدافعة المغناطيسيّة .

الجيوديسيا GEODESY

فرع من الرياضيّات التطبيقية يعنى بدراسة شكل الأرض وبقياس سطحها .

الجيوغنوسيا GEOGNOSY

فرع من الجيولوجيا يبحث في البنية العامّة الداخليّة والخارجيّة للأرض .

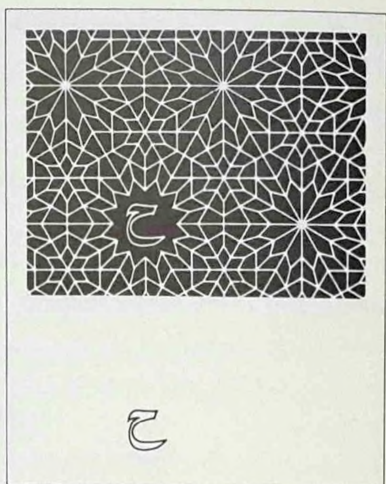
الجيولوجيا GEOLOGY

علم طبقات الأرض .

ـ في علم الفلك : دراسة المادّة الصلبة في جرم سماويّ كالقمر .

الجيومورفولوجيا GEOMORPHOLOGY

دراسة شكل الأرض وتضاريسها وتوزّع اليابسة والبحار على سطحها .



حاسبة CALCULATOR

آلة حسابيّة تستعمل بطاقات وأشرطة مثقوبة .

الحاسبة الالكترونيّة COMPUTER

آلة إلكترونيّة تقوم بعمليات حسابيّة سريعة .

الحاشدة ACCUMULATOR

في الفيزياء : آلة تختزن الطاقة الكهربائيّة تحت شكل كيميائيّ لتعيدها حسب الرغبة تحت شكل تيّار .

الحاشدة الشمسيّة SOLAR BATTERY

في الكهرباء : أداة لتحويل الطاقة الشمسيّة إلى طاقة كهربائية .

حافظة المغناطيس ARMATURE

قضيب من الحديد المطاوع يصل بين قطبي مغناطيس بشكل نضوة حصان .

الحامض الأمينيّ AMINO ACID

في الفيزيولوجية : حامض يدخل في تشكيل موادّ بناء البروتين الأساسي وله دور فعّال في المحافظة على سلامة وظائف الجسد الكبرى كالأيض والنموّ وترميم الأنسجة .

الحامض الزبديّ BUTYIRIC ACID

في الكيمياء : سائل عديم اللون كريه الرائحة يتشكّل في الزبدة الفاسدة .

الحبّة PILL

في الطبّ : حبّة توضع في وريد وتكون جهاز راديو غاية في الدقّة باستطاعتها بث معلومات حول بعض حالاتِ الجسم .

الحثّ INDUCTION

في الفيزياء : العمليّة التي بها يستطيع جسم ذو خصائص كهربائيّة أو مغناطيسيّة أن يحدث خصائص مماثلة في جسم مجاور من غير اتصال مباشر بينهما .

الحجاب DIAPHRAGM

في الفيزياء : فتحة ذات قطر يمكن ضبطه توضع في شيئيّة آلة فوتوغرافيّة لتغيير كَمّيّة الضوء الذي يدخل الآلة .

حجر الفلاسفة PHILOSOPHERS' STONE

في الخيمياء : حجر كان يعتقد في القرون الوسطى أنه يمكن بواسطته تحويل جميع المعادن إلى ذهب .

الحدس INTUITION

في علم النفس : إدراك الحقيقة مباشرة من غير إعمال فكر .

الحدور المغناطيسّي DECLINATION

في الفيزياء : الزاوية المتشكلّة بين موقع الإبرة المغناطيسيّة والشمال الصحيح .

الحديد IRON

عنصر كيميائيّ رمزه (ح) ووزنه الذرّيّ ٥٥,٨٥٧ . وهو معدن صلب يعرف الشديد منه بالذكر والمطاوع بالأنثى ، وهو أكثر المعادن استعمالاً في الصناعة .

الحديد المطاوع SOFT IRON

حديد نقيّ يمكن شغله بسهولة وهو موصّل ممتاز للحرارة والكهرباء وتمكن مغنطسته بسهولة .

الحرارة TEMPERATURE

في الفيزياء : مقدار فيزيائي يميّز بطريقة موضوعيّة الشعور بالسخونة أو البرودة الناجمتين عن ملامسة جسم ما .

حرارة التبخّر الكامنة

LATENT HEAT OF VAPORIZATION

في الفيزياء : الطاقة الحراريّة اللازمة لنقل سائل من حالته إلى الحالة البخاريّة

الحرارة الحرجة CRITICAL TEMPERATURE

في الفيزياء : حرارة إذا تعدّاها غاز لا يمكن تسييله بالضغط .

الحرارة الحيوانيّة ANIMAL HEAT

حرارة تنشأ في جسم الحيوان الحيّ عن طريق التأكسد ضمن الخلايا .

حرارة الذوبان الكامنة :

LATENT HEAT OF FUSION

في الفيزياء : الحرارة اللازمة لإذابة سائل جامد واعادته إلى حالته الأصليّة بدرجة الحرارة ذاتها .

الحرارة المطلقة ABSOLUTE TEMPERATURE

في الفيزياء : كمّيّة تحدّد اعتبارات نظريّة وتساوي عمليّاً الحرارة المئويّة مضافاً إليها ٢٧٣ درجة .

الحرارة النوعيّة SPECIFIC HEAT

عدد السعرات الضروريّة لرفع حرارة غرام واحد من مادّة ما درجة مئويّة واحدة .

الحركة MOTION

انتقال الجسم من مكان إلى آخر أو انتقال أجزائه.

الحركة المنتظمة التسارع

MOTION UNIFORMLY ACCELERATED

في الفيزياء : حركة تكون فيها المسافة المقطوعة تابعاً للزمان من الدرجة الثانية .

الحريرة CALORIE

في الفيزياء : وحدة حراريّة وهي مقادر الحرارة اللازمة لرفع حرارة غرام من الماء درجة سنتيغراد واحدة . وتستعمل بخاصّة في قياس مقدار الحرارة التي يستمدّها الجسم من مختلف الأطعمة .

الحزمة BEAM

مجموعة أشياء مرتبطة معاً .

حزمة الكترونية ELECTRONIC BEAM

في الفيزياء : دفق من الجزيئات الإلكترونيّة

الحزمة الهرتزيّة HERTZIAN BEAM

حزمة من الموجات الكهرطيسيّة أو الهرتزيّة تؤمن العلاقة بين نقطتين لتسيير الإشارات التلفيزيونيّة أو المجاري التلفونيّة .

حساب التفاضل DIFFERENTIAL CALCULUS

في الرياضيّات : فرع من حساب التكامل والتفاضل يعنى بدراسة المشتقّات وتطبيقاتها .

حساب التكامل INTEGRAL CALCULUS

في الرياضيّات : فرع من حساب التكامل والتفاضل غايته ، إذا وجدت متفاضلة أو مشتقّة ، الحصول على الدالّة التي عنها نتجت وهذه الدالة تسمّى المتكاملة .

الحساب اللامتناهي الصغر

INFINITESIMAL CALCULUS

جزء من الرياضيّات يشمل حسابي التكامل والتفاضل ويبحث في الكمّيات باعتبار مجموع زياداتها المتتالية اللامتناهية في الصغر .

حساب المثلثات TRIGONOMETRY

حساب أقيسة عناصر المثلّثات المحدّدة بمعطيات عدديّة وتطبيق هذه التوابع على دراسة الأشكال الهندسيّة .

الحضيض الشمسّي PERIHELION

في علم الفلك : أقرب نقطة في مدار كوكب سيّار أو أيّ جرم سماويّ آخر إلى الشمس .

الحلقة المفرغة VICIOUS CIRCLE

في المنطق : البرهان الدائر على ذاته بحيث تصبح القضيّة التي يجب اثباتها حجّة على صحتها .

الحلقة السنويّة ANNUAL RING

في علم النبات : طبقة من الخشب تتكوّن في جذع الشجرة سنة بعد سنة وبها يمكن تقدير عمر الشجرة .

الحمل الحراريّ CONVECTION

في الفيزياء : انتقال الحرارة من جزء من سائل أو غاز إلى جزء آخر كأن يتمّ ذلك عن طريق ارتفاع الماء الحار وهبوط الماء البارد في إناء موضوع على النار .

الحنجرة LARYNX

الجزء الأعلى من قصبة الرئة يحتوي على قطع غضروفية تسند الأوتار الصوتيّة .

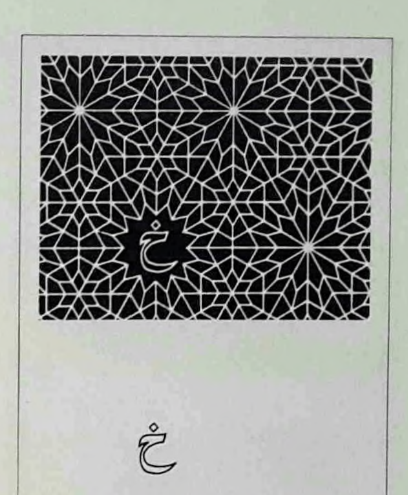
الحيود DIFFRACTION

في الضوئيّات : ظاهرة سببها الانحرافات التي تتعرّض لها الأشعّة الهرتزيّة والأشعّة السينيّة والنور .

الحيّز CUMULUS

سحاب مؤلف من أكداس مدوّرة ذات قاعدة مسطّحة .





خارج القسمة QUOTIENT

في الحساب : إحدى نتيجتي قسمة عدد على عدد آخر

الخارصين ZINC

عنصر كيميائي رمزه (خ) ووزنه الذرّي ٦٥,٣٧ وهو معدن يستعمل لأغراض صناعيّة مختلفة .

الخاصّة PROPERTY

الصفة العائدة إلى شيء ما .

الخريطة البيانيّة CARTOGRAM

خريطة تستخدم الظلال والمنحنيات لكي تظهر جغرافيّاً إحصاءات من ضروب مختلفة .

الخريطة الجغرافية MAP

تمثيل الأرض أو بعض أجزائها على ورق أو مقوّى

الخسيف NIMBOSTRATUS

طبقة من السحب الخفيفة ذات لون رماديّ داكن .

الخشبيّة XYLOPHONE

آلة موسيقيّة مؤلّفة من قضبان خشبيّة أو معدنيّة مختلفة الطول يعزف عليها بمطرقتين خشبيتين للحصول على نغمات مختلفة .

خطّ الاستواء المغناطيسيّ

MAGNETIC EQUATOR

خط انحناء مغناطيسيّ على مقربة من خطّ الاستواء الجغرافيّ .

الخط الجيوديزني GEODESIC LINE

في علم المساحة : الخط الأقصر بين نقطتين على سطح منحنٍ .

خطّ العرض LATITUDE

خطّ موازٍ لخطّ الاستواء .

خط الطول LONGITUDE

خطّ متعامد مع خط العرض ويصل بين قطبي الأرض . يمرّ أحد خطوط الطول بمرصد غرينتش بانجلترا .

الخط المستقيم STRAIGHT LINE

في الرياضيّات : أقرب مسافة بين نقطتين .

خطّ المناسيب CONTOUR LINE

خطّ الكفاف بين السطوح المتساوية الارتفاع .

الخطران OSCILLATION

في الفيزياء : حركة جسم ينتقل دورياً في اتجاه وفي الاتجّاه المقابل مارّاً دائماً بالأوضاع ذاتها .

خطوط القوّة LINES OF FORCE

الاتجّاهات التي يمكن أن تحدث حركة على طولها .

الخطوط الكفافيّة OUTLINES

خطوط في رسم تبرز الشكل العام للمرسوم وتقاطيعه الرئيسيّة دون الجزئيّات والتفاصيل والألوان .

الخليّة CELL

في علم الحياة : العنصر المكوّن لكل كائن حيّ ولا تحوي بعض الكائنات الحيّة سوى خليّة واحدة .

ـ في الكهرباء : وعاء يشتمل على موادّ لتوليد الكهرباء بالفعل الكيميائيّ .

خليّة كهرضوئيّة PHOTOELECTRIC CELL

في الفيزياء : أنبوب فيه فراغ يحتوي على لاحبين بينهما يمكن حدوث تيّار كهربائي تحت تأثير إشعاعات ضوئيّة .

الخليوز CELLULOSE

في علم النبات : مادّة تؤلف الجزء الأساسي من جدران خلايا النباتات .

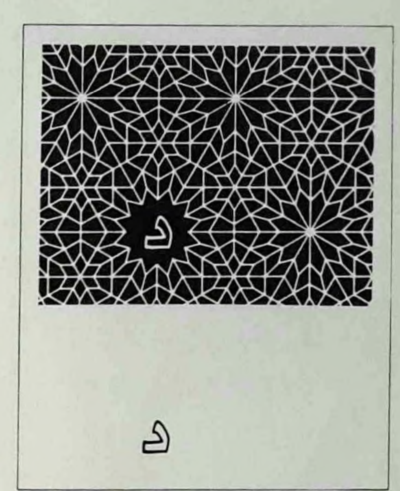
خميرة ENZYME

مادّة عضويّة قابلة للذوبان تسبّب تفاعلاً أو تجعله يتسارع .

الخيمياء ALCHEMY

الكيمياء القديمة وكان يراد بها تحويل المعادن بعضها إلى بعض عن طرائق سلب الخواصّ إليها ولاسيما تحويلها إلى ذهب .





الدالف المهبطي CATION

في الكهرباء : الكاتيون وهو إيون ذو شحنة موجبة .

الدائرة CIRCLE

في الهندسة : خط منحنٍ مغلق جميع نقطه على بعد واحد من نقطة داخليّة ثابتة تسمّى مركز الدائرة .

دائرة البروج ZODIAC

دائرة وهميّة في السماء مقسّمة إلى اثني عشر جزءاً أطلق على كل منها اسم البرج الذي كان يعتقد أنه يخصّه . وحسب معتقدات التنجيم القديم تؤثّر في حياة البشر وصحتهم وأطباعهم وتتحكم بمصيرهم .

دائرة كهربائية ELECTRIC CIRCUIT

سلسلة من الموصلات الكهربائيّة يمكن أن يمرّ فيها تيّار .

دائرة مقفلة CLOSED CIRCUIT

مجموعة من الموصلات الكهربائيّة يمرّ فيها تيّار من طرف إلى الطرف الآخر .

الداين DYNE

في الفيزياء والميكانيكا : وحدة القوّة في النظام المتريّ وتساوي جزء من ٩٨١ جزءاً من الغرام .

الدخل INPUT

في الميكانيكا : مقدار الطاقة التي تزوّد بها آلة ما .

- المادّة أو المعلومات التي تزوّد بها آلة حاسبة .

دراسة شكل الأرض GEOMORPHOLOGY

فرع من الجغرافيا يعنى بدراسة كل ما يتعلق بشكل المناطق الجغرافيّة وتضاريسها بما في ذلك المناطق التي تغمرها مياه البحار .

درجة الانصهار MELTING POINT

في الفيزياء درجة الحرارة الدنيا التي ينصهر فيها جسم .

درجة الحرارة TEMPERATURE

في الفيزياء : كمّية فيزيائية يتميّز بها بطريقة موضوعيّة الإحساس بالسخونة أو بالبرودة عند مماسّة جسم ماء .

- حالة الهواء الجوّيّة من حيث تأثيرها على أعضائنا .

درجة الحرارة الحرجة

CRITICAL TEMPERATURE

في الفيزياء : بالنسبة إلى الغازات درجة الحرارة التي لا يمكن تسييل غاز فوقها بمجرّد الضغط .

درجة الغليان BOILING POINT

في الفيزياء : درجة الحرارة التي إذا ما بلغها جسم سائل يبدأ بالغليان .

الدردور VORTEX

في الفيزياء : جيشان يحدث في البحر أو في سائل متدفّق .

الدرع ARMATURE

مجموعة القطع التي تشكّل الجزء الأساسي من آلة .

الدسيليون DECILLION

رقم مؤلف من واحد إلى يمينه ثلاثة وثلاثون صفراً في الولايات المتحدة الأمريكيّة وفرنسا وستون صفراً في انجلترا وألمانيا .

الدفق FLUX

في الفيزياء : الدفق الضوئيّ هو كمّية الضوء التي تنقلها حزمة ضوئيّة . والدفق المغناطيسي خلال سطح هو حاصل ضرب المجال المغناطيسي الساقط على هذا السطح بمساحته .

دلتا DELTA

الحرف الرابع من الابجديّة اليونانية شكله (Δ)

الدلتونيّة DALTONISM

العمى اللونيّ وبخاصّة العجز عن التمييز بين اللونين الأحمر والأخضر .

الدليل POWER, EXPONENT

في الرياضيّات : عدد أو حرف يوضع أمام عدد آخر للدلالة على قوّته (٤^٣ تعني ٤×٤×٤) .

دليل الانكسار REFRACTIVE INDEX

في الفيزياء : نسبة سرعة الضوء في الفراغ الى سرعته في محيط ما كالهواء والماء وغيرهما .

الدوبلباس DOUBLE BASSE

نوع من الكمان الكبير هو أكبر آلة في أسرة الكمانات .

الدور CYCLE

سلسلة من الظاهرات تتعاقب في ترتيب معيّن .

الدوران REVOLUTION

في علم الفلك : حركة جرم سماويّ على مداره حول جرم آخر .

- في الميكانيكا : دورة كاملة لقطعة متحرّكة حول محورها .

الدوران ROTATION

في الفيزياء : حركة جسم حول محور ثابت ماديّ أو غير مادي (كدوران الأرض حول محورها) .

دورة CYCLE

سلسلة من الظاهرات تتعاقب في ترتيب معيّن .

- في علم الفلك : حقبة تعود بعدها ظاهرات فلكيّة في الترتيب ذاته كالدورة الشمسيّة .

الدوريّة PERIODICITY

حالة كلّ ما يحدث دوريّاً كدوريّة المذنّبات في علم الفلك .

الدوّاسة PEDAL

قطعة من قطع الدرّاجة تنقل الرجل بواسطتها الحركة إلى العجلتين . وفي السيّارة : قطعة يدوسها السائق لإرسال الوقود إلى غرفة الاحتراق .

الدوّامة VORTEX

في الفيزياء : جيشان يحدث في البحر أو في سائل متدفّق .

دويريّ CYCLOID

في الرياضيّات : منحنٍ ترسمه نقطة في دائرة تتدحرج على مستقيم ثابت دون أن تنزلق .

الدياستاز DIASTASE

في الكيمياء : نوع من الخمائر الكيميائيّة المحلّلة تذوب في الماء تفرزها بعض الخلايا

الديسيبل DECIBEL

في الكهرباء والمواصلات : وحدة قياس التفاوت في منسوب طاقتين أو التفاوت في شدّتي صوتين .

الديكاستير DECASTERE

مقياس للحجم يساوي عشرة أمتار مكعّبة ويستعمل عادة لقياس الحطب .

الديلزة DIALYSE

في الفيزياء : فصل الموادّ شبه الغرويّة عن الموادّ الأخرى القابلة للذوبان .

الديموغرافيا DEMOGRAPHY

الدراسة الإحصائيّة للسكّان من حيث المواليد والوفيات والصحّة والزواج .

الدينامو DYNAMO, GENERATOR

في الكهرباء : المولّد وهو آلة لتوليد الكهرباء تتألف من محرّض وهو كناية عن كهرطيس يحتوي على عدد زوج من الأقطاب ومتحرّض .

دينمومتر كهربائي

ELECTRODYNAMOMETER

في الكهرباء : مقياس كلفانيّ يستند مبدؤه على تأثير تيّار ثابت على تيّار متحرّك .

الدينميكا DYNAMICS

فرع من الفيزياء يبحث في أثر القوى في الاجسام الساكنة والمتحرّكة .

الديناميكا الحراريّة THERMODYNAMICS

فرع من الفيزياء يبحث في العلاقة بين الحرارة والطاقة الميكانيكيّة .

الديناميكا الكهربائيّة ELECTRODYNAMICS

فرع من الفيزياء يبحث في الآثار الناجمة عن تفاعلات التيّارات الكهربائيّة مع المغناطيس أو مع تيّارات أخرى أو مع نفسها .

الدينامية الحراريّة THERMODYNAMICS

فرع من الفيزياء يبحث في العلاقات القائمة بين الظاهرات الميكانيكيّة والظاهرات الحراريّة .





ذات الربع QUADRANT

إداة تستعمل في الفلك لقياس إرتفاع الأجرام السماويّة .

الذبذبة VIBRATION

في الفيزياء : حركة دوريّة لنظام مادّي حول وضع توازنه .

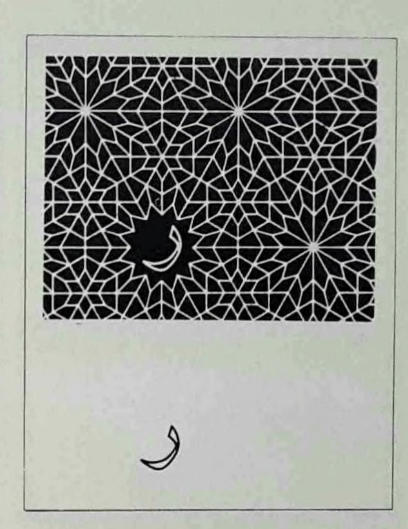
الذرّة ATOM

أصغر جزء من عنصر كيميائيّ يمكن أن يدخل في تفاعل . وتعتبر المادّة اليوم تراكماً من جزيئات الطاقة المكثّفة .

الذهب GOLD

عنصر كيميائي رمزه (ذ) ووزنه الذرّي ١٩٦,٩٦٧ وهو معدن ثمين أصفر وأكثر المعادن موصّليّة وطواعيّة لا يتأثر بالماء والهواء والحوامض . يستعمل في صنع الحلى ولصنع النقود المعدنيّة .





الرادار RADAR

جهاز تحديد وجود الشيء وموقعه بواسطة أصداء الموجات اللاسلكيّة .

الرادون RADON

عنصر كيميائي رمزه (د) ووزنه الذرّيّ ٢٢٢ . وهو غاز مشعّ .

الراديو RADIO

الإرسال والاستقبال اللاسلكيّ للنبضات والإشارات الكهربائيّة بواسطة موجات

الراديوسكوب RADIOSCOPE

في الراديو والفيزياء: مكشاف الفاعليّة الإشعاعيّة .

الراديوم RADIUM

عنصر كيميائيّ رمزه (ر) ووزنه الذرّيّ ٢٢٦,٠٥ وهو معدن يتمتّع باشعاعيّة قويّة .

الراديومتر RADIOMETER

في الفيزياء : مقياس كثافة الطاقة الإشعاعيّة .

راسمة القلب CARDIOGRAPH

في الطبّ : أداة تسجيل نبضات القلب بصورة بيانيّة .

رافعة LEVER

في الميكانيكا : قضيب صلب يتحرّك حول نقطة ثابتة تسمّى نقطة الارتكاز ويسهّل رفع الأثقال .

رائد الفضاء SPACEMAN

من يقوم برحلة في سفينة فضائيّة .

رباعيّ السطوح TETRAHDRON

مجسّم رياضي ذو أربعة سطوح . والرباعيّ السطوح المنتظم يتألّف من ٤ مثلثات متساوية الأضلاع .

الربط CONNECTION, CONNEXION

العلاقة والارتباط والصلة

- في الكهرباء : ربط آلة كهربائيّة بدائرة أو ربط آلتين كهربائيتين معاً .

ربعيّة QUADRENT

في علم الفلك : آلة لقياس الارتفاع الزاويّ .

- في الرياضيّات : ربع دائرة أي ٩٠° مئويّة .

الرتل الموجيّ WAVE TRAIN

في الفيزياء : سلسلة من الموجات المتماثلة تتعاقب في فترات متساوية .

الرجم METEORITE

في علم الفلك : شظيّة مادّيّة صلبة مصدرها فضاء ما بين الكواكب تركيبها معدني أو حجريّ .

الرجوع RESTITUTION

في الفيزياء : عودة الجسم المطّاط أو المرن الى وضعه الطبيعيّ بعد زوال القوّة التي كانت قد غيّرت هذا الوضع .

الرخويّات MOLLUSCA

في علم الحيوان : شعبة من المملكة الحيوانيّة تحتوي على كائنات ذات جسم رخو كثيرا ما تحيط بها قوقعة كلسيّة .

رسم بيانيّ GRAPH

رسم هندسّي لبيان التعادلات بين الكمّيات أو تطوّرها زيادة أو نقصاناً .

الرسم البياني DIAGRAM.

في الرياضيّات : خطّ منحنٍ يمثّل تغيّرات ظاهرة معيّنة .

الرسم القلبيّ CARDIOGRAM

في الطبّ : الخطّ المنحني الذي تظهر فيه نبضات القلب .

الرسم المنظوري PERSPECTIVE.

فن رسم الأشياء بطريقة تحدث في النفس الانطباع ذاته الذي تحدثه هي ذاتها حين ينظر إليها من نقطة معيّنة .

رسم موجات الدماغ

ELECTROENCEPHALOGRAM

خطّ يحُصل عليه بتسجيل الجهد الكهربائيّ للنفرونات الدماغيّة .

الرصاص LEAD

عنصر كيميائيّ رمزه (ر) وزنه النوعيّ ۲۰۷,۱۹ . وهو معدن سنجابيّ اللون ثقيل الوزن لين كثير الاستعمال في الصناعة .

الرصف ALIGNMENT

وضع أشياء مختلفة على خطّ مستقيم .

الرعد THUNDER

صوت يدوّي في الفضاء عقب وميض البرق سببه تفريغ كهربائيّ بين الغيوم .

الركام CUMULUS

سحاب مؤلّف من أكداس مدوّرة .

الرمز SYMBOL

في الرياضيّات : علامة تمثيليّة لكمّية أو لعدد أو لكائن رياضي أو منطقيّ ذي طبيعة ما .

- في الكيمياء : حرف أو مجموعة أحرف تستعمل للدلالة على الكتلة الذرّية لعنصر ما . « يد » هو رمز الهيدروجين .

الرنّانة VIBRAPHONE

آلة موسيقيّة مؤلّفة من صفائح نحاسيّة تحدث رنيناً حين تطرق بمطارق صغيرة .

الرنين RESONANCE

في الفيزياء : زيادة كبيرة في سعة ذبذبة تحت تأثير دفعات منتظمة ذات تواتر واحد .

- طريقة نقل جسم للموجات الصوتيّة .

الرهج STRATUS

طبقة أفقيّة خفيفة من سحاب رماديّ ينبسط فوق رقعة واسعة .

الريومتر RHEOMETER

جهاز لتنظيم أو لقياس التّيارات الكهربائيّة أو الدمويّة .

رنين التيّار CURRENT RESONANCE

في الهندسة الكهربائيّة : توازن المفاعلة الموجبة والسالبة في تيّار كهربائيّ .

الروثينيوم RUTHENIUM

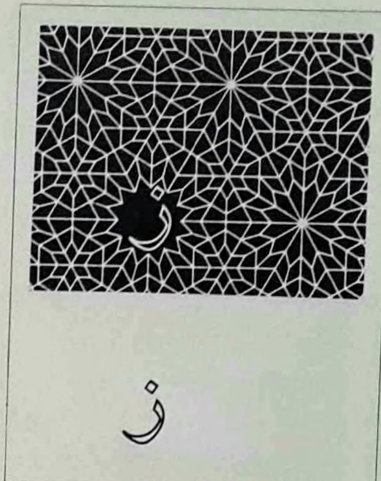
عنصر كيميائي رمزه (ثم) ووزنه الذرّي (۱۰۱,۰۷ . وهو معدن ينتمي إلى مجموعة البلاتين .

الرؤية المجسّمة STEREOSCOPIC VISION

الرؤية التي تدرك الأجسام بأبعادها الثلاثة الطول والعرض والارتفاع .

الرؤية المصوّبة FOCUSING

الرؤية الموجّهة الى نقطة معيّنة للحصول على صورة واضحة عنها .



الزاد INPUT

ـ المادّة أو المعلومات التي تزوّد بها آلة حاسبة .

الزاوية ANGLE

شكل ناجم عن نصفي مستقيمين أو « ضلعين » .

الزاوية الحادّة ACUTE ANGLE

في الرياضيّات : الزاوية التي هي أصغر من الزاوية القائمة .

الزاوية الخارجيّة EXTERNAL ANGLE

في الرياضيّات : الزاوية التي يكون رأسها خارج الدائرة وضلعاها يقطعان هذه الدائرة .

الزاوية الداخليّة INTERNAL ANGLE

في الرياضيّات : الزاوية التي يكون رأسها داخل الدائرة .

الزاوية الزوجيّة DIHEDRAL

في الرياضيّات : شكل هندسّي ناشيء من تقاطع سطحين .

الزاوية القائمة RIGHT ANGLE

في الرياضيات : الزاوية التي يكون ضلعاها أو وجهاها متعامدين وقياسها تسعون درجة .

الزاوية المنفرجة OBTUSE ANGLE

في الرياضيّات : الزاوية التي هي أكبر من الزاوية القائمة .

زاوية نصف قطريّة RADIAN

وحدة قياس زاوية مسطّحة تساوي الزاوية التي رأسها في مركز دائرة وتحصر قوساً طوله يساوي طول شعاع هذه الدائرة .

الزاويتان المتتامّتان COMPLEMENTARY ANGLES

في الرياضيّات : زاويتان يساوي مجموعهما زاوية قائمة .

الزاويتان المتجاورتان ADJACENT ANGLES

في الرياضيّات : زاويتان لهما رأس واحد وضلع مشترك وتقعان من جانبي هذا الضلع .

الزاويتان المتناظرتان CORRESPONDING ANGLES

في الرياضيّات : زاويتان يشكلهما قاطع ومتوازيان وتقعان من جهة واحدة من القاطع إحداهما داخل المتوازيين والثانية خارجاً عنهما .

الزحفان CREEP

في علم المعادن : نشوء أو استطالة أو تشوّه بطيء تحصل في المعادن .

الزركونيوم ZIRCONIUM

عنصر كيميائيّ رمزه (كن) ووزنه الذرّي ٩١,٢٢.معدن يشبه السيليسيوم .

الزرنيخ ARSENIC

عنصر كيميائيّ رمزه (ز) ووزنه الذرّي

٧٤,٩٢ . لونه زنجاريّ وله لمعان معدنيّ . يتصعّد دون أن ينصهر وتفوح منه رائحة تشبه رائحة الثوم .

الزفير EXHALATION

في الفيزيولوجيا : إخراج الهواء من الصدر عند التنفس وهو ضدّ الشهيق .

الزمخر BASSOON

في الموسيقى : مزمار ذو انبوبة خشبيّة مزدوجة وفم معدنيّ ملتوٍ .

زمن الترداد REVERBERATION TIME

في علم الصوتيّات : الزمن اللازم لصوت آتٍ من المسرح للخمود في القاعة .

الزموهة DEHYDRATION

في الكيمياء : إزالة الماء أو عنصريه من مركّب كيميائيّ .

الزنكات ZINCATE

في الكيمياء : مركّب ينتج بتفاعل عنصر الزنك أو أكسيد الزنك مع محاليل القلويّات .

الزئبق MERCURY

عنصر كيميائي وزنه الذرّي ٢٠٠,٥٩ وهو معدن أبيض لمّاع والمعدن الوحيد السائل بدرجة الحرارة العاديّة . يستعمل في الصناعة وفي الطب لكن أملاحه سامّة .

الزيغان ABERRATION

في علم الفلك : تحرّك ظاهر لصورة نجم في التلسكوب .

ـ في علم الضوئيات : مجموعة من التشوهات في انظمّة ضوئيّة لا تعطي صوراً واضحة .

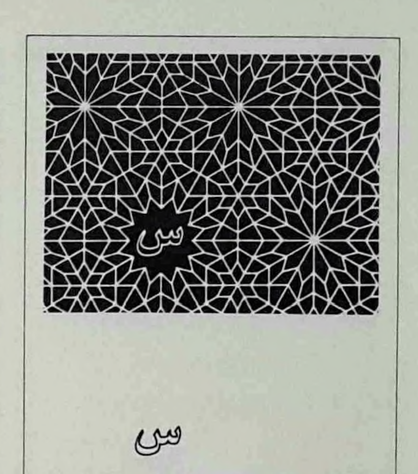
الزيغ اللونيّ CHROMATIC ABERRATION

في علم البصريّات : خلل ناجم عن هدب ملّونة حول أطراف العدسة يجعل بعض أجزاء الصورة غير واضحة .

الزيوليت ZEOLITE

في الكيمياء : مركّب من سليكات الالومينيوم المميّأة مع الصوديوم أو الكلسيوم أو البوتاسيوم .





ساعة توقيت . TIMER

في الميكانيكا : موقّتة وهي أداة في محـرّك داخليّ الاحتراق تجعل الشرارة تنبعث في الوقت المناسب .

ساعة ضوئيّة LIGHT CLOCK

في الفيزياء : جهـاز مؤلّف من مرآتـين متوازيتين ينتقل بينهما الضـوء من الواحـدة إلى الأخرى ويبينّ نظريًا كيف أنّ الحـركة تبطىء سرعة الضوء .

الساكن STATOR

في الميكانيا : جزء ساكن من محرّك أو آلـة يدور فيه أو حوله جزء آخر متحرّك .

السائل LIQUID

اسم يطلق على حالة من حالات المادّة تتمتّع بها أجسام ليس لها شكل خاصّ بل تتخـذ شكل الوعاء الموضوعة فيه ولكن حجمهـا لا يتغيّر .

الستراتوسفير STRATOSPHERE

الجزء الأعلى من الغلاف الجوّيّ .

السديم NEBULA

في علم الفلك : جسم مضيء أو مظلم ذو حدود غير واضحة بامكان التلسكوبات أن تمكن من رؤيته في السماء أو تصويره .

السترونسيوم STRONTIUM

عنصر كيميائيّ رمزه (ست) ووزنه الذرّيّ ٨٧,٦٢ وهو معدن أصفر شبيه بالكلسيوم

السرطان CANCER

في علـم الفلك : صورة سماويّة في منطقـة البروج يقال لها برج السرطان وهـو البـرج الرابع .

- في الطبّ : ورم خبيث يتولّد من الخـلايا الظاهـريّة الغـدّية ويتفشّى في الانسجـة المجاورة .

السرعة SPEED

المسافة التي يقطعها جسم متحرّك في وحدة الزمـن أو هي نسبـة المسافـة التـي يقطعهـا الجسم إلى الزمن الذي يقضيه في قطعها .

سرعة الإفلات VELOCITY OF ESCAPE

في الفيزياء : سرعة انعتاق جسم من جاذبيّة الأرض أو الـكوكب السيّار .

السرعة البدائيّة INITIAL VELOCITY

سرعة قذيفة عند انطلاقها من مدفع أو من سلاح ناريّ آخر .

السرعة الزاويّة ANGULAR SPEED

في الميكانيكا : عدد يحدّد سرعة دوران محور حول نقطة من نقطه .

سرعة الصوت SPEED OF SOUND

في الفيزياء : المسافة التي يقطعها الصـوت في وحدة زمنيّة وتقدّر بـ ٣٤ مترا في الثانية .

سرعة الضوء SPEED OF LIGHT

في الفيزياء : المسافة التي يقطعها الضوء في وحدة زمنيّة وهي ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر تقريباً

في الفراغ وفي الثانية .

السرعة المتكافئة PARABOLIC VELOCITY

سرعة تستعمل لتحويل مدار جسم إهليلجيّ إلى مدار مكافئيّ .

السرعة النسبيّة RELATIVE VELOCITY

في الميكانيكا : السرعة التي يغيّر فيها جسم وضعه بالنسبة إلى جسم آخر .

السرناي PICCOLO

في الموسيقى : شبّابة صغيرة

السطح SURFACE

في الرياضيّات : ماله طول وعرض بلا عمق ونهايته الخطّ

السطح الهلاليّ MENISCUS

في السوائل : سطح السائل المقعّر أو المحدّب في أنبوب ضيّق القطر .

السعة AMPLITUDE

في الفيزياء : القيمة القصوى لمقدار يتغيّر دوريّاً .

السعة الحراريّة THERMAL CAPACITY

في الفيزياء : كميّة الحرارة اللازمة لرفع حرارة مادّة ما بكلّيتها درجة سنتيغراد واحدة .

ـ الفرق بين الحرارات القصوى المقاسة في نقطة واحدة من الكرة الأرضيّة في فترات متغيّرة .

سعة حمل الكبل

CURRENT-CARRYING CAPACITY

في الهندسة الكهربائيّة : القيمة القصوى للتّيار الممكن حمله دون أن تتخطّى الحرارة درجة معيّنة .

السفّاطة ASPIRATOR

أداة لسحب الغاز من وعاء أو الدم أو الصديد من الجسم .

سفينة فضائيّة SPACESHIP

شبه غرفة تطلق في الفضاء وتحمل آلات علميّة وبشراً وتدور حول الأرض .

السلولوز CELLULOSE

في علم النبات : مادّة تؤلف الجزء الأساسي من جدران خلايا النبات .

السليكون SILICON

عنصر كيميائي رمزه (س) ووزنه الذرّي ٢٨,٠٨٦ وهو شبه فلزّ .

السليلوئيد CELLULOID

في الكيمياء : مادّة صلبة شفّافة قوامها السلولوز والكافور .

السلينيوم SELENIUM

عنصر كيميائي رمزه (سل) ووزنه الذرّيّ ٧٨,٩٦ . وهو شبه فلزّ يشبه الكبريت تزداد موصّليته الكهربائيّة مع النور الذي يتلقّاه .

السماد FERTILIZER

كل ما يوضع في الأرض من مخصبات ليجود زرعها ويكون عضويّاً من أصل نباتيّ أو حيواني أو كيميائيّاً يصنع في المعامل ، بسيطاً كان أو مركّباً .

السمت وسمت الرأس ZENITH

في علم الفلك : النقطة التي يلتقي فيها الخط العمودي لمكان ما من الأرض الكرة السماويّة .

السمحاق CIRROSTRATUS

سحاب مرتفع أشبه ما يكون بالحجاب .

السنتيغرام CENTIGRAM(ME)

في النظام المئويّ : جزء من مائة جزء من الغرام .

السنتيليتر CENTILITER

في النظام المئويّ : جزء من مائة جزء من

اللتر .

السنتيمتر CENTIMETER

في النظام المئوي : وحدة قياس طوليّ تساوي جزءمن مائة جزء من المتر .

السنكرترون SYNCHROTRON

مسارع جسيمات في مدار دائريّ متزامن مع المجال المغناطيسّي .

السهم ARROW

في الرياضّيات : الخطّ العموديّ الواصل بين منتصف قوس الدائرة ومنتصف الوتر الواصل بين طرفيها

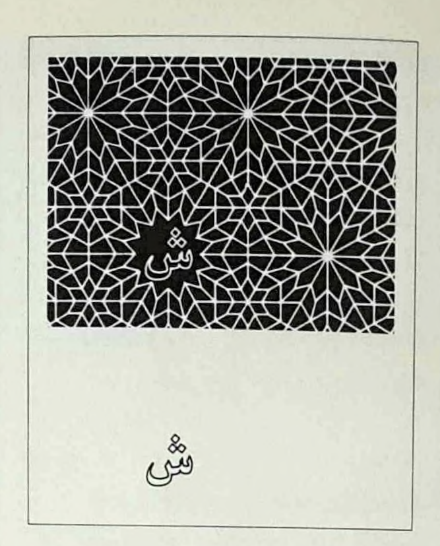
سيكلوترون CYCLOTRON

مسارع كهرطيسي مرتفع التردّد ينقل إلى جسيمات مكهربة سرعات مرتفعة جدّاً

السيّار PLANET

في علم الفلك : جرم سماويّ غير نيّر من ذاته يدور حول الشمس أو حول أي نجم آخر .





الشبّابة CLARINET

آلة نفخ موسيقية لها لسان بسيط .

الشبكة NETWORK

مجموعة محطّات إذاعة أو تلفزيون يربط بعضها ببعض بحيث تتمكّن كلّها من بث البرنامج نفسه في وقت واحد .

الشبكية RETINA

غشاء حسّاس في العين يقع في داخل المشيمة ويتكوّن من تكثّف العصب البصريّ .

الشبكيّة RETICLE

شبكة خطوط أو نقط في عينية الآلة البصريّة كالتلسكوب ونحوه .

شبه الظلّ PENUMBRA

في الفيزياء : حالة سطح غير مضاء بشكل كامل من قبل جسم مضيء يحجب جسم غير شفّاف اشعّته جزئيّاً .

شبه الفلّز METALLOID

في الكيمياء : عنصر ذو خصائص غير معدنيّة لا يوصّل الكهرباء والحرارة بسهولة . أهم أشباه الفلّزات هي : الفلور والكلور والبروم واليود والأكسجين والكبريت والأزوت والفسفور والكربون .

شبه المنحرف TRAPEZOID

في الهندسة : شكل ذو ضلعين متوازيين وضلعين غير متوازيين .

الشحنة الكهربائية ELECTRIC CHARGE

في الفيزياء : كَمّيّة الكهرباء المجمعة في موصّل أو في مكثّف أو في مركم .

الشحنة النوعيّة SPECIFIC CHARGE

في الفيزياء والكيمياء : نسبة الشحنة إلى الكتلة في جسم أوّليّ .

الشدّة الموجيّة WAVE INTENSITY

في الفيزياء : معدّل دفق الطاقة في وحدة المساحة من الجبهة الموجيّة .

الشعاع RAY

في الرياضيّات : المسافة بين مركز دائرة أو كرة وأيّة نقطة من هذه الدائرة أو هذه الكرة .

شعاع الدائرة RADIUS

خط يصل مركز الدائرة بنقطة ما من محيطها .

الشعشاع PENUMBRA

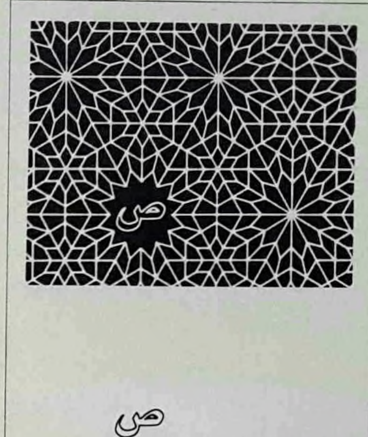
في علم الفلك : غبش يحيط بمنطقة الظلّ في حالة الخسوف .

شمس منتصف الليل MIDNIGHT SUN

الشمس المنظورة عند نصف الليل في منتصف الصيف بمناطق القطبين الشماليّ والجنوبيّ .

الشهيق INHALATION

في الفيزيولوجيا : إدخال الهواء إلى الصدر عند التنفّس وهو ضدّ الزفير .



الصبغيّة CHROMOSOME

في الفيزيولوجيا : عنصر تتميز به الخليّة عند انقسامها . والصبغيات بشكل حبوب أو عصيات أو شعيرات مقوّسة ثابتة العدد .

الصفر المطلق ABSOLUTE ZERO

في الفيزياء : درجة حرارة تساوي -٢٧٣,١٦ وهي أدنى درجة يمكن الوصول إليها نظريّاً .

الصفيحة PLATE

كل شيء عريض من لوح أو معدن أو غير ذلك .

الصفيحة الأرضيّة EARTH PLATE

في الكهرباء : صفيحة معدنيّة تدفن في التربة لربط الدورة الكهربائيّة بالأرض .

الصمام VALVE

في الكهرباء : جهاز لا يمكّن إلا من عبور تناوب واحد من تيّار متناوب .

صمام التصريف DISCHARGE VALVE

في الميكانيكا : صمام لتفريغ السوائل

الصمام الثنائيّ DIODE VALVE

في الكهرباء : أنبوب ذو الكترودين لا يستطيع التيّار أن يمرّ فيه إلاّ في اتجاه واحد .

الصمام الكرويّ BALL VALVE

صمام في الميكانيكا تتحكّم به كرة ترتفع بضغط السوائل من تحتها وتهبط بفعل الجاذبيّة .

الصمام المطقطق CLACK VALVE

صمام يحدث عند انفلاته صوتاً يشبه الطقطقة .

الصنج CYMBAL

آلة موسيقيّة تتألف من صفيحتين نحاسيّتين تضرب الواحدة منهما على الأخرى للطرب .

الصهارة MAGMA

في الجيولوجيا : مادّة صخريّة مذابة في باطن الأرض ينشأ منها الصخر البركاني حين تبرد .

الصوت SOUND

في الفيزياء : نتيجة الذبذبات السريعة المتنقلة في أوساط مادّية والمؤثّرة في حاسة السمع . عندما ينقر جسم رنّان تصبح أجزاؤه المختلفة مركزاً لذبذبات تنتقل إلى الهواء المحيط بالجسم وتحدث فيه موجات تصل إلى الأذن .

الصوت دون السمعيّ INFRASOUND

في الفيزياء : اهتزاز من طبيعة الصوت لكن تردّده دون تردد الأصوات المسموعة .

الصوديوم SODIUM

عنصر كيميائيّ رمزه (ص) ووزنه الذرّي ٢٢,٩٨٩٨ . وهو معدن واسع الانتشار في الطبيعة تحت شكل الكلورور (ملح البحر والملح العاديّ)

الصورة IMAGE

في علم البصريّات : شكل يتكوّن إذا التقت أشعّة ضوئيّة من خلال عدسة .

الصورة NUMERATOR

في الرياضيّات : أحد حدّي كسر موضوع فوق الخطّ الافقيّ على عدد الأجزاء القاسمة التامّة من الوحدة التي يتألف منها هذا الكسر . في $\frac{٣}{٤}$ ، ٣ هي الصورة .

الصورة البيانيّة الكهربائيّة لعمل القلب ELECTROCARDIOGRAM

خطّ يتمّ الحصول عليه بتسجيل التيّارات الحاصلة عن تقلّص العضلة القلبيّة .

الصيغة التقويميّة

CONSTITUTIONAL FORMULA

في الكيمياء : الصيغة الدالّة على كيفية اتّحاد العناصر بعضها ببعض لتكوين المركّبات .



ض

ض

الضاغط PUSH BUTTON

في الكهرباء : زرّ الجرس الكهربائيّ .

الضاغطة COMPRESSOR

آلة لضغط الهواء أو الغاز أو غيرهما .

الضرب MULTIPLICATION

في الرياضيّات : عمليّة حسابيّة يتكرّر فيها عدد ما مراراً بقدر ما في عدد آخر من الوحدات . والضرب تكرار لعملية الجمع .

الضغط PRESSURE

في الفيزياء : خارج قسمة القوة التي يحدثها سائل على سطح على قيمة هذا السطح .

الضغط الجوّيّ ATMOSPHERIC PRESSURE

الضغط الذي يحدثه الهواء على سطح الأرض والذي يقاس بالمليّمترات من الزئبق بواسطة البارومتر أي مقياس الضغط .

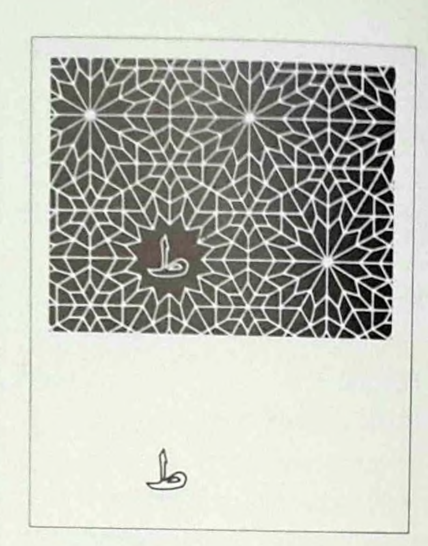
ضغط الغاز GAS PRESSURE

في الفيزياء : قياس طاقة الغاز الحركيّة وتساوي عدد الصدمات التي تتلقّاها جدران الوعاء الموجود فيه الغاز في وحدة زمنيّة من قبل جزيئات هذا الغاز .

الضوء LIGHT

في الفيزياء : كلّ ما ينير الأشياء ويمكّن من رؤيتها . والضوء يتكوّن من موجات كهرطيسيّة تبلغ سرعة انتشارها في الفراغ ٣٠٠٠٠٠ كلم في الثانية .





الطاقة ENERGY

في الفيزياء : القدرة التي يتمتّع بها نظام من الأجسام للقيام بعمل ميكانيكي أو ما يعادله .

الطاقة الحراريّة HEAT ENERGY

في الفيزياء : الطاقة التي تنتجها الحرارة .

الطاقة الحركيّة KINETIC ENERGY

في الفيزياء : الطاقة التي يملكها جسم بفضل سرعته .

الطاقة الداخليّة INTERNAL ENERGY

في الفيزياء : الطاقة الكلية الموجودة في أي نظام كان

الطاقة الذرّيّة ATOMIC ENERGY

في الفيزياء : طاقة تتحرّر عند تفكّك نوى الذرّات .

الطاقة النوويّة NUCLEAR ENERGY

في الفيزياء : الطاقة التي يحرّرها انشطار العناصر الثقيلة كالأورانيوم أو انصهار العناصر الخفيفة كالهيدروجين .

الطاقة الميكانيكية MECHANICAL ENERGY

الطاقة التي تحدثها الآلات عندما تشتغل .

الطباق COUNTERPOINT

في الموسيقى : لحن يضاف إلى آخر على سبيل المصاحبة .

الطبقة الأوزونيّة OZONOSPHERE

طبقة من طبقات الجوّ يتراوح ارتفاعها بين ٢٠ و٣٠ ميلا وتشتمل على نسبة مرتفعة من الأوزون .

الطبل DRUM

آلة موسيقيّة تتكوّن من أسطوانة جوفاء من الخشب أو المعدن يشدّ على جنبيها الجلد وينقر عليها باليد أو بعصا خاصّة .

طبلة الأذن EARDRUM

في علم التشريح : غشاوة موجودة في آخر القناة السمعيّة تنقل اهتزازات الهواء إلى سلسلة العظيمات .

الطَخرور CIRRUS

سحاب رقيق شبيه بالصوف يكون على ارتفاع عال جداً .

الطرح SUBSTRACTION

في الرياضيات : عمليّة نقص عدد ما من عدد آخر أكبر منه ويسمّى الأوّل « مطروحاً » والثاني « مطروحاً منه » ونتيجة الطرح « باقياً »

الطريقة METHOD

كيفيّة قول شيء أو تعليمه أو عمله وفاقاً لمبادىء متينة وبترتيب معينّ .

طريقة براي BRAILLE

طريقة في الكتابة خاصّة بالعميان تستعمل أحرفاً مؤلفة من نقاط نافرة تقرأ باللمس .

الطفاوة CORONA

في علم الفلك : دائرة مضيئة تحيط أحياناً

بالشمس وبالقمر سببها وجود غيوم جليدية في الجوّ .

الطفو FLOATATION

في الفيزياء : حالة جسم يبقى في توازن على سطح سائل .

الطفويّة BUOYANCY

قدرة السائل على إبقاء الأجسام عائمة فيه .

الطفيليّات الجوّيّة ATMOSPHERICS

مختلف ضروب التشويش الناشئة عن الظاهرات الجوّيّة الكهربائية

الطوبولوجية TOPOLOGY

فرع من الرياضيّات مبنيّ على دراسة تغيير الأشكال المطرّد في الهندسة وعلى العلاقات بين نظريّة السطوح والتحليل الرياضي .

طول البصر LONGSIGHTEDNESS

في الفيزيولوجية : عاهة في النظر تتميّز برؤية أوضح للأشياء البعيدة منها للأشياء القريبة .

طول الموجة WAVELENGTH

في الفيزياء : المسافة بين نقطتين متتاليتين ذات طور واحد لحركة تموجيّة تنتشر بخط مستقيم

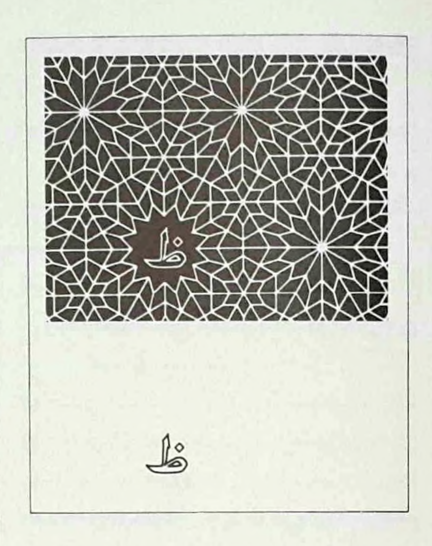
الطيف SPECTRUM

في الفيزياء : مجموعة الأشعّة الملوّنة الناجمة عن تفكيك الضوء المركّب وينتج عن تفكيك ضوء الشمس طيف يسمّى « الطيف الشمسي » .

الطيف الشمسي SOLAR SPECTRUM

في الفيزياء : الطيف الناجم عن تفكّك ضوء الشمس وتبدو فيه ألوان قوس قزح .





الظاهرة PHENOMENON

كلّ ما تدركهُ الحواسّ

ظاهرة زيمن ZEEMAN EFFECT

في الفيزياء : تجزّؤ خطّ الطيف الضوئيّ

ظرف مغناطيسّي MAGNETIC CHUCK

ظرف يحتوي على عدد من القضبان المغناطيسيّة الصغيرة مجمّعة على صفيحة معدنيّة متحرّكة

الظلّ SHADOW

حجب الضوء لاعتراض جسم غير شفّاف .

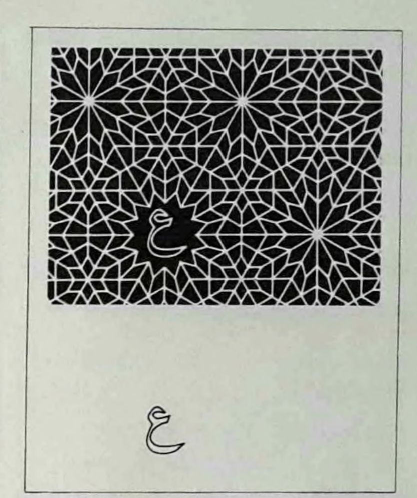
ظلّ التمام COTANGENT

في الرياضيّات : ظلّ التمام لزاويّة ما هو عكس ظلّ هذه الزاوية .

ظلّ الزاوية TANGENT

ظل الزاوية القاعديّة أ في مثلث قائم الزاوية هو نسبة طول الضلعين المقابل والمجاور في المثلّث





العازل INSULATOR

في الفيزياء : كلّ جسم يحول دون توصيل الكهرباء أو الحرارة

العاصفة المغناطيسيّة MAGNETIC STORM

اضطراب مؤقّت في مجال الأرض المغناطيسيّ

العاكس REFLECTOR

في الفيزياء : جسم أو سطح أو أداة تعكس الضوء أو الحرارة أو الصوت .

عاكس التيّار COMMUTATOR

في الكهرباء : أداة تحلّ جزءاً من الدائرة الكهربائية محلّ جزء من دائرة أخرى أو تعدّل بالتناوب ارتباطات دوائر عدّة .

عامد APOTHEM

خط عموديّ ينطلق من مركز مضلّع منتظم ويقع على أحد أضلاعه .

العامل FACTOR

عنصر يساعد على الحصول على نتيجة معيّنة

عامل الرسم البياني DIAGRAM FACTOR

في الفيزياء : نسبة معدّل الضغط الفعليّ في اسطوانة المحرّك البخاريّ إلى الضغط المثاليّ المفترض بيانيّاً .

العتلة LEVER

في الميكانيكا : الرافعة وهي قضيب صلب يتحرّك حول نقطة ثابتة تسمّى نقطة الارتكاز ويسهّل رفع الأثقال .

العجلة WHEEL

عضو مسطّح مستدير الشكل يدور حول محور يمرّ في وسطه .

عدّاد دورات TACHOMETER

في الهندسة : مقياس السرعة الزاويّة .

عَداد السرعة SPEEDOMETER

في الميكانيكا : جهاز لقياس سرعة سيّارة أو سرعة الدورات في محرّك .

العَدد NUMBER

في الحساب : مقدار ما يُعدّ ومبلغه . والعدد هو الوحدة أو مجموعة وحدات أو كسر الوحدة

العدد الأصليّ CARDINAL NUMBER

العدد الدالّ على كميّة مثل الأربعة والعشرة

العدد الأصمّ IRRATIONAL NUMBER

في الرياضيّات : العدد اللاجذريّ الذي ليس له قياس مشترك مع الوحدة .

العدد الأوليّ PRIME NUMBER

العدد الصحيح الذي لا يقسم إلاّ على ذاته وعلى الوحدة كالأعداد ٣ و٥ و٧ ، و١١ . .

العدد الترتيبيّ ORDINAL NUMBER

العدد التامّ الدالّ على المكان الذي يحلّه كلّ من وحدات مجموعة مرتّبة ترتيباً معيّناً .

العدد الجبريّ ALGEBRIC NUMBER

العدد المسبوق بإحدى العلامتين + أو − .

العدد الجذريّ RATIONAL NUMBER

العدد الذي له قياس مشترك مع الوحدة .

العدد الذرّيّ ATOMIC NUMBER

رقم عنصر كيميائيّ في التصنيف الدوريّ وهو يعادل عدد الإلكترونات التي تدور حول النواة .

العدد الذهبيّ GOLDEN NUMBER

عدد قيمته $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$ أي ١,٦١٨ تقريباً وهو يوافق نسبة تعتبر من أحسن النسب الجماليّة .

- في علم الفلك : دور ١٩ سنة يرجع فيه القمر إلى ما كان عليه .

العدد السالب NEGATIVE NUMBER

العدد الجبريّ المسبوق بعلامة - .

العدد العشريّ DECIMAL NUMBER

العدد المؤلّف من أعداد صحيحة وكسور عشريّة تفصل بينهما فاصلة .

العدد المادّيّ CONCRETE NUMBER

العدد الذي يوافق مجموعة أشياء يراد عدّها .

العدد المجرّد ABSTRACT NUMBER

العدد الذي يعتبر في ذاته بقطع النظر عن نوع الوحدة التي يمثّلها .

العدد المُنطق RATIONAL NUMBER

في الرياضيّات : العدد الذي له قياس مشترك مع الوحدة .

العدد الموجب POSITIVE NUMBER

العدد الجبريّ المسبوق بعلامة + .

العدد الوتريّ ODD NUMBER

العدد الفرديّ الذي لا ينقسم على ٢ بدون باق .

العدسة LENS

في الفيزياء : قطعة من مادّة شفّافة كالزجاج تدخل في آلات التصوير والآلات البصريّة المختلفة وهي على أنواع .

عدسة دخيلة LENTICLE

في علم طبقات الأرض : عدسة صخريّة متحجّرة داخل صخر مختلف التركيب .

عدسة محدّبة CONVEX LENS

في علم البصريّات : عدسة يتقوّس فيها الوجهان إلى الخارج وتتقارب الأشعّة التي تمرّ فيها فتلتقي وتعطي صورة حقيقيّة .

عدسة مقعّرة CONCAVE LENS

في البصريّات : عدسة مقوّسة إلى الداخل وتتباعد الأشعة التي تمرّ فيها فتحدث صورة تقديريّة صغيرة .

عدم الاستقرار INSTABILITY

في الفيزياء : حالة الجسم الذي لا يستقر في وضعه الأساسي .

في الكيمياء : حالة الجسم المركب الذي يتفكك بسهولة .

عرّادة CATAPULT

إداة حربيّة كان يستعلمها القدماء لقذف الحجارة وما شاكلها من مقذوفات .

عربة قمريّة LUNAR MODULE

في الملاحة الجوّيّة : كبسولة هبوط على سطح القمر .

العزم MOMENT

في المغناطيسيّة : عزم المغناطيس هو حاصل ضرب المسافة بين قطبيه والكتلة المغناطيسيّة لقطبه الشماليّ .

عزم القوة MOMENT OF A FORCE

في الفيزياء : أثر مقدار قوّة مضروباً بالبعد العموديّ عن نقطة دوّارة تسمّى محور الدوران .

العصر الذرّي ATOMIC AGE

العصر الذي استحدثت فيه الطاقة الذرّيّة في حقلي الحرب والصناعة .

العضادة ALIDADE

في المساحة : ذراع متحرّكة في أداة المسح أو الرصد .

العضو ORGAN

- جزء من جسم حيّ يقوم بوظائف ضروريّة للحياة .

- في التكنولوجيا : قطعة بدائية من آلة معدّة للقيام بوظيفة معيّنة .

عضو الإنتاج ARMATURE

في الكهرباء : صفيحة معدنيّة تشكّل قسماً من مكثف كهربائيّ .

عضو التبديل COMMUTATOR

في الكهرباء : جهاز يحلّ جزءاًمن دائرة كهربائيّة محلّ دائرة أخرى أو يعدّل بالتتالي اتّصال دوائر عدّة

عضو الحثّ INDUCTOR

في الكهرباء : مغناطيس معدّ لتأمين مجال مغناطيسّي يسبّب تّياراً كهربائاً في دائره نتيجة لتغير الدفق المغناطيسّي الذي يمرّ فيها .

العقّار DRUG

في الطبّ : كل ما يتداوى به وبخاصة من النبات .

علم الإحاثة PALEONTOLOGY

علم يبحث في أشكال الحياة في العصور الجيولوجيّة السالفة كما تمثّلها المتحجّرات أو المستحاثّات الحيوانيّة والنباتيّة .

علم الاجتماع SOCIOLOGY

علم يبحث في المجتمعات البشريّة ونشأتها وأشكالها وتطوّرها

علم الإحصاء STATISTICS

فرع من الرياضيات التطبيقيّة تشتقّ مبادؤه من نظريّة الاحتمالات ويعنى بتجميع منهجي لحوادث أو لمعطيات عدديّة .

علم الأحياء BIOLOGY

علم يبحث في الكائنات الحيّة في جميع أشكالها وظواهرها .

علم الأصوات ACOUSTICS

في الفيزياء : علم يبحث في خواصّ الأصوات وإنتاجها وانتشارها واستقبالها .

علم البراكين VULCANOLOGY

علم يبحث في الظاهرات البركانيّة .

علم البصريّات OPTICS

فرع من علم الطبيعيّات يبحث في قوانين الضوء والرؤية .

علم البكتيريات BACTERIOLOGY

فرع من علم الجراثيم يبحث في البكتيريات.

علم البلّوريّات CRYSTALLOGRAPHY

في الفيزياء : علم يبحث في البلّورات وفي القوانين التي تسيّر تكوّنها .

علم البيئة ECOLOGY

علم يبحث في علاقات الكائنات الحيّة ببيئتها الطبيعيّة .

علم التشريح ANATOMY

علم يبحث في تركيب بناء الكائن الحيّ وأجزائه .

علم توازن السوائل HYDROSTATICS

في الفيزياء : فرع من الفيزياء يعنى بالقوى والضغوط التي تعمل في داخل السوائل والغازات .

علم الجراثيم BACTERIOLOGY

علم يبحث في الجراثيم وأنواعها وخصائصها وطريقة تكاثرها ومكافحتها .

علم الحركة DYNAMICS

في الفيزياء : دراسة القوى المسلطة على أجسام متحركة .

علم الحشرات ENTOMOLOGY

فرع من علم الحيوان يبحث في بنية الحشرات وتصنيفها وطبائعها وأضرارها ومنافعها .

علم الحياة BIOLOGY

علم يبحث في الحياة وهو قسمان : علم الحيوان وعلم النبات .

علم الحيوان ZOOLOGY

فرع من التاريخ الطبيعي يبحث في الحيوانات وأنواعها وتصنيفها وخصائصها .

علم الذرّة ATOMISTICS

في الفيزياء : علم يبحث في الذرّة أو في استخدام الطاقة الذرّية لأغراض مختلفة .

علم الرصد الجوّي METEOROLOGY

علم يبحث في الجوّ وظواهره وبخاصة في الأحوال الجوّية والتكهّن بها .

علم السكون STATICS

في الفيزياء : فرع يعنى بدراسة القوى المتوازنة .

علم الطاقة ENERGETICS

في الفيزياء : فرع من الميكانيكا يبحث في الطاقة على أنواعها وتحوّلاتها .

علم الظاهرات الجوّيّة METEOROLOGY

في علم الفلك : علم يدرس الظاهرات الجوّية .

علم الفلك ASTRONOMY

علم يبحث في مواقع الأجرام السماويّة وتركيبها وحركاتها .

علم الفلك اللاسلكي RADIOASTRONOMY

دراسة الكواكب بالاستناد إلى الموجات الكهرطيسيّة المنبثقة منها .

علم الكونيّات COSMOLOGY

علم يبحث في القوانين العامّة التي تسيّر الكون كما يبحث في تكوين الأجرام السماويّة من سيّارات وكواكب ونظم .

علم مساحة الأرض GEODESY

علم يبحث في شكل الأرض وقياس أبعادها .

علم المناخ CLIMATOLOGY

علم يبحث في المناخات وظاهراتها .

علم المياه HYDROLOGY

علم يبحث في الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحياتية والميكانيكية والصحّية للماء .

علم النبات BOTANY

علم يبحث في النباتات وهو قسمان : علم النبات العام ويتناول وصف الأعضاء والأنسجة والوظائف وعلم النبات الخاصّ ويتناول تصنيف النباتات والجغرافية النباتيّة .

العلوم الطبيعيّة NATURAL SCIENCES

فرع المعرفة المعنيّة بالأشياء الطبيعية وتشمل علوم الأحياء والجيولوجية والمعادن والفيزياء والكيمياء والفلك .

العمليّة OPERATION

مجموعة الوسائل المستعملة للحصول على نتيجة معيّنة .

عمليّة ثنائية BINARY OPERATION

في الرياضيات : عمليّة أساسها العدد ٢ .

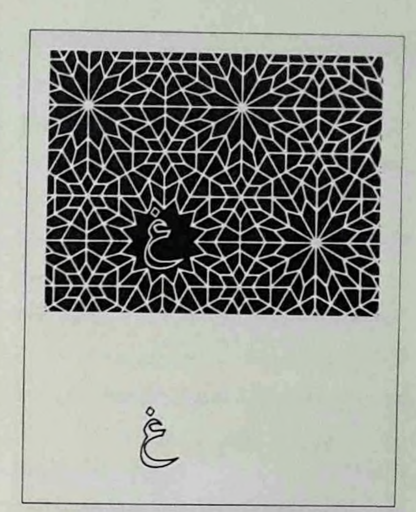
عمى الألوان COLORBLINDNESS

عدم قدرة العين على تمييز الألوان أو رؤيتها .

عناصر ما وراء اليورانيوم

TRANSURANIUM ELEMENTS

في الكيمياء : العناصر ذات عدد ذرّي يفوق عدد اليورانيوم .



الغاز GAS

في الفيزياء : إحدى حالات المادة الثلاث تتميّز بقابليّتها للانضغاط والتمدّد .

غاز الاستصباح ILLUMINATING GAS

غاز يستعمل للإنارة .

غاز المستنقعات MARSH GAS

في الكيمياء : هو الميثان .

الغاز المنفّط BLISTER GAS

غاز سامّ يحرق أنسجة الجسم .

الغازات النادرة RARE GASES

في الكيمياء : غازات موجودة في الهواء بكمّيات ضئيلة . وهذه الغازات هي : الهيليوم والنيون والأرغون والكربتون والكزينون .

الغالون GALLON

مقياس للسوائل يساوي **٢٣١** إنشاً مكعّباً أو **٣,٧٨٥٣** ليترات في الولايات المتحدة و**٢٧٧,٢٧٤** إنشاً مكعّباً و**٤,٥٤٦** ليترات في انجلترا .

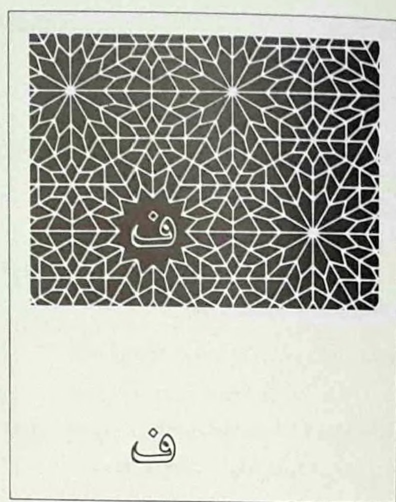
غمّا GAMMA

الحرف الثالث من الأبجدية اليونانية .

غوّاصة الأعماق BATHYSCAPHE

آلة مستقلّة للغوص تمكّن من استكشاف أعماق البحار .





الفاراد FARAD

في الكهرباء : وحدة السعة الكهربائية .

الفاراداي FARADAY

في الفيزياء والكيمياء : وحدة الكمّية الكهربائية .

فارنايتي FAHRENHEIT

خاص بمقياس حرارة تكون نقطة تجمّد الماء فيه ٣٢ درجة فوق الصفر السنسيغرادي ونقطة غليانه ٢١٢ درجة فوق الصفر .

الغلاف SHELL

في الكيمياء : مجموعة الالكترونات المتساوية العدد الكمّيّ الرئيسي .

الفاعليّة البصريّة OPTICAL ACTIVITY

في الكيمياء والفيزياء : تأثير المادّة في دورات مستوى استقطاب الضوء .

الفتيلة FILAMENT

في الكهرباء : سلك معدني دقيق في داخل مصباح كهربائي يجعله مرور التيار الكهربائي متوهّجاً .

الفراغ VACUUM

في الفيزياء : المكان الذي لا يكون فيه أي جسم مادّي .

الفرجار COMPASS

أداة لها فرعان متحرّكان تستعمل لرسم الدوائر .

فرضيّة HYPOTHESIS

تصوّر عقلي لشيء ممكن أو غير ممكن ينطلق منه للوصول إلى نتيجة .

- في الرياضيّات : مجموعة معطيات يحاول المرء انطلاقاً منها القيام ببرهان منطقي على قضيّة جديدة .

فرط الموصّلية SUPERCONDUCTIVITY

في الكهرباء : ظاهرة بعض المعادن التي تنعدم فيها المقاومة الكهربائية حين تبلغ درجة معيّنة من الحرارة .

الفرميوم FERMIUM

عنصر كيميائي رمزه (فم) ووزنه الذرّي ٢٥٣ .

الفسفور PHOSPHORUS

عنصر كيميائي رمزه (فو) ووزنه الذرّي ٣٠,٩٧٣٨ سريع الاحتراق ويضيء في الظلام . يوجد في الطبيعة بشكل فسفات ويوجد في الجهاز العصبيّ والبول .

فسفوريّة PHOSPHORESCENCE

خاصّة تتميّز بها بعض الأجسام لبث نور في الظلام بدون حرارة ظاهرة .

الفضاء الخارجي OUTER SPACE

الفضاء الواقع خارج جوّ الأرض مباشرة .

الفضّة SILVER

عنصر كيميائيّ رمزه (ف) ووزنه الذرّي ١٠٧,٨٧ وهو معدن أبيض لمّاع لا يتغيّر تحت تأثير الهواء . وهو أكثر المعادن موصلّية

وطواعيّة بعد الذهب يستعمل لصنع النقود المعدنيّة .

الفلط VOLT

في الكهرباء : وحدة قوّة كهربائية حركية وفرق الجهد أو التوتّر وتساوي فرق الجهد الكهربائيّ الموجود بين نقطتين من موصّل يمرّ فيه تيار مستمر يساوي امبيراً واحداً عندما تكون القدرة الضائعة بين هاتين النقطتين تساوي واطاً واحداً .

الفلطامتر VOLTAMETER

في الكهرباء : كلّ آلة يتم فيها التحليل بالكهرباء .

ـ آلة تمكّن من تحليل الماء بواسطة تيّار كهربائيّ .

الفلطمتر VOLTMETER

في الكهرباء : آلة لقياس فوارق الجهد والقوات الكهربائية .

الفلطيّة VOLTAGE

في الكهرباء : تعبير يستعمل أحياناً للدلالة على فرق الجهد بين طرفي موصّل .

فلطيّة زينر ZENER VOLTAGE

في الكهرباء : فلطيّة انهيار العزل الكهربائي .

فلك التدوير EPICYCLE

دائرة صغيرة يدور مركزها على محيط دائرة كبرى .

الفلور FLUORINE

عنصر كيميائي رمزه (فل) ووزنه الذرّي ١٨,٩٩٤ وهو غاز مائل إلى الصفرة الخضراء يحدث تفاعلات قويّة .

فوتومتر طيفي SPECTROPHOTOMETER

في الفيزياء : مقياس الشدّة النسبيّة لأجزاء الطيف .

الفوتون PHOTON

في الفيزياء : جسيم من الطاقة الضوئية في النظريّة الكمّية .

الفوسجين PHOSGENE

جسم كيميائي مركب هو كلورور الكربونيل صيغته ك أ كل^{٢} .

فوق أكسيد الهيدروجين

HYDROGEN PEROXIDE

مادّة كيميائية مركبة من ذرّتي هيدروجين وذرّتي أكسيجين صيغته (أ^{٢} يد^{٢}) .

فوق سمعي ULTRASONIC ,SUPERSONIC

ما يتعلق بموجات صوتيّة عالية التردّد الى حد يجعل سماعها متعذّراً .

الفيبر WEBER

في الهندسة الكهربائية : الوحدة العمليّة للدفق المغناطيسي (تعادل ١٠٠ مليون مكسولّ) .

الفيروس VIRUS

كائن حيّ متناهي الصغر عديد الأشكال القضيبية التي لا ترى إلاّ في المجهر الإلكتروني .

الفيزياء PHYSICS

علم موضوعه دراسة خاصّيات الجسم العامّة والقوانين التي تسعى الى تعديل حالتها أو حركتها دون تغيير في طبيعتها .

الفيزياء الفلكيّة ASTROPHYSICS

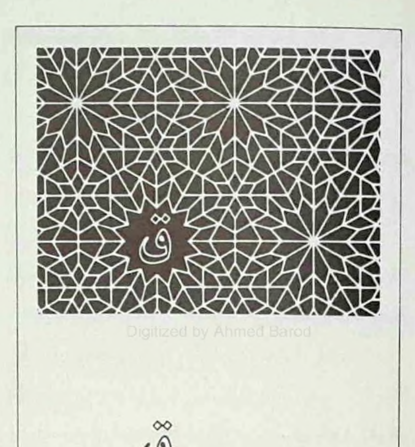
فرع من علم الفلك يدرس الخصائص والظاهرات الفيزيائية للأجرام السماويّة .

الفيزيولوجية PHYSIOLOGY

علم يبحث في الوظائف العضويّة .

الفيلونسيل VIOLONCELLO

آلة موسيقيّة ذات اربعة أوتار كالكمان لكنها أكبر منه بكثير .



قّ

قابليّة النقل CONDUCTIVITY

في علم الحرارة وفي الكهرباء : صفة الأجسام التي تمكن من توصيل الكهرباء أو الحرارة من مكان إلى آخر .

القاطع SECANT

قاطع الدائرة في علم قياس المثلّثات هو معكوس جيب التمام .

قاطع التمام COSECANT

قاطع التمام هو معكوس جيب زاوية أو قوس

قاطع التلامس CONTACT BREAKER

في الكهرباء : أداة تقطع التيار الكهربائي أو تقطعه وتعيد وصله بطريقة أوتوماتيكية .

قاطع الدائرة CIRCUIT BREAKER

في الكهرباء : مفتاح قطع الدائرة الكهربائية لمنع مرور التيار .

القاعدة BASIS

الجزء الأسفل الذي يرتكز عليه جسم ما .

- في الكيمياء : مادة إذا اتحدت بحامض تعطي ملحاً .

- في الرياضيات : ضلع مثلث يكون مقابلاً للرأس

القانون LAW

صيغة يعبّر فيها عن حقيقة فيزيائية تم التحقّق من صحتها بدقة .

قانون أفوغادرو AVOGADRO'S LAW

في الفيزياء : قانون يقول إنّ الأحجام المتساوية من الغازات ، بحرارة واحدة وضغط واحد ، تحتوي على العدد ذاته من الجزيئات .

قانون بويل BOYLE'S LAW

في الفيزياء : قانون يقول إنّ حجم الغاز يتغيّر - في درجة حرارة ثابتة - عكساً مع الضغط الذي يتعرّض له .

قانون التبادل COMMUTATIVE LAW

في الرياضيات : قانون يتناول عنصرين من مجموعة لا تتغيّر نتيجتها إذا جرى التبادل بين العنصرين . فالجمع والضرب عمليّتان متبادلتان .

قانون التربيع العكسّي INVERSE SQUARE LAW

قانون يقول إنّه إذا تضاعفت المسافة بين جسمين انخفضت القوة التي تربط بينهما بنسبة ١/٤ .

قانون الجاذبيّة ATTRACTION LAW

في الفيزياء : قانون تتجاذب بموجبه جميع الأجسام الماديّة بقوّة تتناسب طرداً مع كتلها وعكساً مع مربّع مسافاتها .

قانون لنز LENZ'S LAW

في الهندسة والكهرباء : قانون يتعلّق باتجاه التيار المتولد بالحث الكهرطيسي .

القبا APSIS

كلّ نقطة على مسار مركزيّ يكون بعدها عن

مراكز القوّة أكبر أو أصغر ما يمكن .

قبلة الشمس SOLAR APEX

في علم الفلك : النقطة التي تندفع نحوها المجموعة الشمسية بسرعة عشرين كيلومتراً في الثانية .

القرد STRATOCUMULUS

سحاب مؤلّف من كرات ضخمة داكنة فوق قاعدة أفقية مسطّحة وكثيراً ما يحجب السماء كلها وبخاصّة في الشتاء .

القزع CUMULUS

سحاب مؤلّف من أكداس مدوّرة ذات قاعدة مسطّحة .

القزع الرهجيّ CUMULOSTRATUS

سحابة قزعيّة تنبسط قاعدتها أفقياً مثل سحابة رهجيّة .

القزع الطخروريّ CUMULOCIRRUS

سحابة قزعيّة صغيرة على ارتفاع عال بيضاء رقيقة مثل الطخرور .

قسمة DIVISION

في الرياضيات عمليّة حسابيّة يراد منها معرفة عدد الأجزاء الموجودة في عدد يسمّى « مقسوماً عليه » في عدد آخر يسمّى « مقسوماً » وعدد الأجزاء يسمّى « خارج القسمة » .

القسمة التوافقية HARMONIC DIVISION

في الرياضيات : مجموعة من أربع نقط مصفوفة : أ ، ب ، ج ، د ، بحيث ج ب/ ج أ = دب/ د أ (تسمى ج ود مترافقتين توافقيّتين) .

القشرة الكلسيّة CALICHE

في علم طبقات الأرض : قشرة من كربونات الكلسيوم تتشكل على التربة الصخرية في المناطق القاحلة .

القصدير TIN

عنصر كيميائي رمزه (ق) ووزنه الذرّي ١١٨,٦٩ وهو معدن كثيف رماديّ مائل الى الزرقة يُستعمل صفائح لتغطيه السطوح ولصنع الحامض الكبريتي ولأغراض صناعيّة أخرى .

القطاع SECTION

في الهندسة : مجموعة من النقط المشتركة بين سطحين .

القطب POLE

- في الجغرافيا : كلّ من طرفي محور الأرض وهما قطبان القطب الشماليّ والقطب الجنوبيّ
- في علم الفلك : كلّ من طرفي المحور الخياليّ الذي تدور حوله الكرة السماويّة خلال ٢٤ ساعة .
- في الكهرباء : كلّ من طرفي حاشدة كهربائية .
- في المغناطيسيّة : كلّ من طرفي مغناطيس

قطب المغناطيس MAGNET POLE

في الفيزياء : طرف المغناطيس الذي تبدو المغناطيسيّة متمركزة فيه وهما قطبان : الشمالي والجنوبيّ .

القطب المغناطيسّي MAGNETIC POLE

في الجغرافيا : الموضع من الكرة الأرضيّة الذي يساوي فيه ميل الإبرة المغناطيسية تسعين درجة .

القطبيّة POLARITY

في الفيزياء : صفة تمكّن من التمييز بين قطبي مغناطيس أو مولد كهربائيّ .

قطر DIAMETER

قطر الدائرة هو الخط المستقيم الذي يقسمها ويقسم محيطها إلى قسمين متساويين مارّاً بمركزها . والقطر من المربّع والمستقيم

والمضلّع هو الخطّ المستقيم الواصل بين الزاويتين المتقابلتين من هذه الأشكال الهندسيّة .

قطع زائد HYPERBOLA

محل النقط على مستوى يكون الفرق بين مسافاتها إلى نقطتين ثابتتين تسمّيان « بؤرتين » ثابتا .

قطع مكافىء PARABOLA

محل النقط م في سطح ذات مسافة واحدة من نقطة ثابتة ن تسمّى « بؤرة » ومن مستقيم ثابت يسمّى « الدليل »

القطع الناقص FRUSTRUM

في الهندسة الفراغيّة : مجسم مقطوع الرأس أو غير كامل كالمخروط الناقص والهرم الناقص والكرة الناقصة .

القطعة SEGMENT

في الرياضيّات : جزء من شكل هندسّي . وقطعة الدائرة هي السطح المحصور بين قوس من الدائرة والوتر الواصل بين طرفي هذه القوس .

قلب الملفّ CORE

في الهندسة الكهربائيّة : قضيب من الحديد المطاوع في داخل ملفّ مغناطيسّي .

القلي ALCALI

في الكيمياء : مادّة تشبه خصائصها خصائص الصودا والبوطاس .

القنبلة الذرّية ATOMIC BOMB

قنبلة تستعمل تفاعلات الإنشطار الذرّي في البلوتونيوم واليورانيوم .

القوس ARC

في الهندسة جزء من منحنٍ متصل محصور بين نقطتين .

قوس قزح RAINBOW

ظاهرة جوّية مضيئة بشكل قوس دائرة ترى أحياناً في السماء في الجهة المقابلة للشمس وتتخذ ألوان الطيف .

القوس الكهربائيّة ELECTRIC ARC

تفريغ كهربائيّ من خلال غاز يحدث حرارة مرتفعة ونوراً ساطعاً .

القوّة STRENGTH

في الفيزياء : المؤثّر الذي يغيّر حالة سكون جسم أو حالة حركته أو يميل إلى تغييرها بسرعة منتظمة في خطّ مستقيم .

القوّة الجاذبة CENTRIPETAL FORCE

في الفيزياء : القوة التي تؤثّر في شيء فتجذبه نحو المركز .

القوّة الطاردة CENTRIFUGAL FORCE

في الفيزياء : القوّة التي تؤثّر في الشيء فتدفعه للابتعاد عن المركز .

قوّة القصور الذاتي INERTIA FORCE

في الميكانيكا : المقاومة التي تبديها الأجسام للحركة والتي تنجم عن كتلتها .

القياس MEASUREMENT

تقدير كمية ما بمقارنتها مع كمّيّة أخرى من نوعها تؤخذ كوحدة .

قياس الارتفاع ALTIMETRY

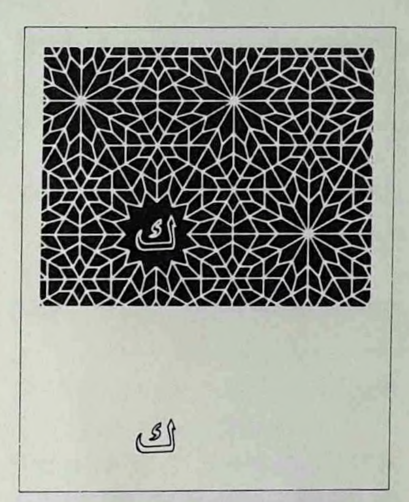
في الفيزياء : عمليّة يقاس بها ارتفاع موقع ما على سطح الأرض عن سطح البحر .

قياس السوائل HYDROMETRY

في الفيزياء : علم لقياس كثافة السوائل (أو ثقلها النوعيّ) بواسطة الهيدرومتر .

القيثارة HARP

آلة موسيقية كبيرة بشكل مثلّث ولها أوتار متفاوتة في الطول تنقر بأصابع اليدين ويرجع أصلها إلى الأزمنة القديمة .



الكاتيون CATION

في الكهرباء : إيون ذو شحنة موجبة .

الكافور CAMPHOR

في الكيمياء : مادّة عطريّة بيضاء اللّون تستخرج من شجر الكافور وتستعمل ضدّ التشنّج والباه والآلام الموضعيّة .

الكاليفورنيوم CALIFORNIUM

عنصر كيميائي رمزه (كف) ووزنه الذرّي ٢٥١ يحصل عليه اصطناعياً بمعالجة الكوريوم بإشعاع ألفا .

الكاميرا CAMERA

آلة لتصوير الأشياء الساكنة أو المتحركة للسينما أو التلفزيون .

كبّاس PISTON

في الميكانيكا : قرص اسطوانيّ يتحرّك بمماسّة ليّنة في جسم مضخّة أو في أسطوانة آلة بخارية وفي محرّك انفجاريّ .

الكبريت SULPHUR

عنصر كيميائي رمزه (كب) ووزنه الذرّي ٣٢,٠٦٤ وهو شبه فلزّ أصفر لا طعم له ولا رائحة واسع الانتشار في الطبيعة ويستعمل نقيّاً لصنع الثقاب ولأغراض أخرى .

كبريتور SULFIDE

في الكيمياء : اتّحاد الكبريت بعنصر آخر ككبريتور الحديد مثلاً أو كبريتور الفحم

الكبريتيك SULPHIDE

في الكيمياء : مركّب من الكبريت ومن عنصر كيميائي آخر .

الكبسولة CAPSULE

- غلاف معدنيّ رقيق لفم زجاجة ذات سدادة فلّينيّة .
- قمع فيه مادّة سريعة الاشتعال تحترق عند النقر وتستخدم في إطلاق القذائف وتفجير المتفجّرات .

الكبل CABLE

حزمة أسلاك معزول بعضها عن بعضها الآخر ضمن غلاف واق .

كبل متّحد المحور COAXIAL CABLE

كبل مكوّن من موصّلين موحّدي المركز تفصل بينهما مادة عازلة .

الكتلة MASS

في الكهرباء : مجموعة من القطع الموصّلة تتصل بالأرض في إنشاءات كهربائيّة .
- في الميكانيكا : خارج قسمة قوّة ثابتة بتسارع الحركة التي تحدثها عندما تؤثّر في جسم .

كتلة السكون REST MASS

في الفيزياء : كتلة الجسم بمعزل عن الكتلة الإضافية التي يكتسبها أثناء الحركة وفقاً لنظريّة النسبيّة .

الكتلة النوعيّة SPECIFIC MASS

في الفيزياء : كتلة وحدة حجم مادّة

متجانسة .

الكثافة DENSITY

في الفيزياء : نسبة ثقل حجم ما من جسم إلى الحجم ذاته من الماء أو إلى الهواء إذا كان الجسم غازاً .

الكثافة البصريّة OPTICAL DENSITY

في الفيزياء : المقاومة النسبية لسير الضوء .

الكثافة النهائيّة LIMITING DENSITY

في الكيمياء : كثافة الغاز في حالة الغاز المثاليّ .

الكدميوم CADMIUM

عنصر كيميائي رمزه (كد) ووزنه الذرّيّ ١١٣,٤٠ وهو معدن رخو أبيض مائل إلى الزرقة يستعمل لحماية الفولاذ .

الكربتون KRYPTON

عنصر كيميائي رمزه (كبر) ووزنه الذرّيّ ٨٣,٨ وهو أحد الغازات النادرة الموجودة في الهواء .

الكربزول CARBAZOLE

في الكيمياء : مركّب متبلّر تشتق منه أصباغ كثيرة .

الكربون CARBON

عنصر كيميائي رمزه (ك) ووزنه الذرّيّ ١٢,٠٠١١ . غير قابل للانصهار وموصّل للكهرباء والحرارة . يشكل كثيراً من المركبات التي تدرس في الكيمياء العضوية ويدخل في تركيب جميع الأنسجة الحيوانيّة والنباتيّة تقريباً .

الكربوهيدرات CARBOHYDRATE

في الكيمياء : مادّة مؤلّفة من كربون وهيدروجين واكسيجين كالسكّر والنشا .

الكرة SPHERE

في الرياضيّات جسم صلب يحدّه سطح منحن مغلق وتكون جميع نقطه على بعد واحد ، يسمىّ « شعاع الكرة » ، من نقطة داخليّة ثابتة تسمّى مركز الكرة .

كرة الأعماق BATHYSPHERE

جهاز غوص كرويّ لدراسة الحياة في أعماق البحار .

الكرة السماويّة CELESTIAL GLOBE

في علم الفلك : كرة تمثّل الأجرام السماويّة .

الكرنك CRANK

في الميكانيكا : ذراع تستعمل لادارة آلة أو لتدويرها .

الكروم CHROMIUM

في الكيمياء : عنصر فلّزي رماديّ اللون يميل إلى البياض شديد الصلابة يستعمل على نطاق واسع في بعض السبائك وفي تصفيح بعض المعادن بطبقة منه .

الكروميت CHROMITE

في الكيمياء : معدن مكوّن من عناصر الحديد والكروم والاكسجين يوجد في الطبيعة على هَيئة كتل تعتبر خاماً للكروم .

الكرونوسكوب CHRONOSCOPE

أداة لقياس الفترات الزمنيّة القصيرة .

الكرونومتر CHRONOMETER

آلة تستعمل لقياس الوقت لا يفرّقها عن الساعة العاديّة سوى دقّة الإداء والتوقيت الخياريّ .

الكريوزوت CREOSOTE

في الكيمياء : سائل زيتي يستحضر بتقطير القطران ويستخدم لصيانة الخشب ومعالجة السعال .

الكريوسول CREOSOL

في الكيمياء : سائل زيتيّ عديم اللّون

يستخرج من قطران الخشب ومادّة راتنجيّة .

الكريومتر CRYOMETER

في الفيزياء : محرّ لقياس الحرارات المنخفضة يتضمّن كحولاً بدلاً من الزيت .

الكسر العشريّ الدائري

CIRCULATING DECIMAL

في الحساب : كسر عشريّ تتكرّر فيه مجموعة أرقام بعينها إلى ما لا نهاية . مثل ٠,٤٣١٣٢٣٢٣٢

الكسور العشرية DECIMAL FRACTIONS

كسور مخارجها العشرة ومضاعفاتها مثل ٣/١٠ ، أو٣,٠ .

كسوف الشمس SOLAR ECLIPSE

في علم الفلك : اختفاء الشمس بسبب وجود القمر بين الشمس والأرض .

الكفاف CONTOUR

خطّ يميز حدود جسم ما .

الكلسيوم CALCIUM

عنصر كيميائي رمزه (كا) ووزنه الذرّي ٤٠,٠٨ . وهو معدن أبيض لينّ يحصل عليه بتحليل بعض الأملاح بواسطة التّيار الكهربائيّ .

الكلفانيّة GALVANISM

كهرباء محدثة بالتفاعل الكيميائي .

كلفة الشمس SUNSPOT

في علم الفلك : إحدى كلف الشمس وهي بقع داكنة تبدو بين فترة وأخرى على سطح الشمس .

الكلور CHLORINE

عنصر كيميائي رمزه (كل) ووزنه الذرّي ٣٥,٤٥٣ وهو جسم غازيّ في درجة الحرارة العاديّة وهو من أحسن المطهّرات .

كلورور الصوديوم SODIUM CHLORIDE

في الكيمياء : ملح الطعام

الكلورفورم CHLOROFORM

سائل طيّار عديم اللون يستخدم كمخدّر ومذيب .

الكمان VIOLIN

آلة موسيقيّة ذات أربعة أوتار يعزف عليها بواسطة قوس .

الكمان الأوسط VIOLA

آلة موسيقيّة قديمة ذات أوتار ليس لمقبضها طوق حديديّ وعليه ثلاثة أوتار أو أربعة .

الكمان الجهير VIOLONCELLO

هو الفيولونيسل (اطلبه) .

الكمفين CAMPHENE

في الكيمياء : مادّة شبيهة بالكافور .

الكمّ QUANTUM

في الفيزياء : أقل كَميّة من الطاقة التي يمكن بثها أو نشرها أو امتصاصها .

الكهرباء ELECTRICITY

في الفيزياء : اسم يطلق على أحد أشكال الطاقة التي تظهر عملها إمّا عن طريق قوى جاذبة أو قوى نابذة أو بظاهرات ميكانيكيّة أو حراريّة أو ضوئيّة أو كيميائيّة أو غيرها .

الكهرباء السارية DYNAMIC ELECTRICITY

الشحنات الكهربائيّة المتحرّكة في الموصلات تحت شكل تّيار كهربائيّ .

الكهرباء الساكنة STATIC ELECTRICITY

الكهرباء الناتجة عن احتكاك والتي تظلّ في حالة توازن على الأجسام .

الكهربائية الساكنة ELECTROSTATICS

فرع من الفيزياء يدرس خصائص الكهربائيّة الساكنة بمقابل الديناميكا الكهربائيّة .

الكهربائيّة الضوئيّة PHOTOELECTRICITY
في الفيزياء : توليد الكهرباء تحت تأثير الضوء .

الكهرباء اللاسلكية RADIO-ELECTRICITY
فرع من الفيزياءيعنى بدراسة الموجات الهرتزيّة .

الهرطيس ELECTROMAGNET
قضيب من الحديد المطاوع يحيط به ملفّ يتمغنط عند مرور التّيار الكهربائيّ .

الكهرطيسيّة ELECTROMAGNETICS
في الفيزياء : دراسة العلاقات المتبادلة بين التّيار الكهربائيّ والمجال المغناطيسّي المرافق له والتطبيقات العمليّة لذلك .

الكهيرب ELECTRON
في الفيزياء : الإلكترون وهو دقيقة ذات شحنة كهربائيّة سالبة وهو أحد العناصر المكوّنة للذرّة .

الكوارتز QUARTZ
في علم المعادن : أكسيد السيليسيوم المتبلّر يوجد في كثير من الصخور .

الكوبّال COPAL
صمغ راتنجي قاسٍ .

الكوبلت COBALT
عنصر كيميائيّ رمزه (كو) ووزنه الذرّيّ ٥٨,٩٣ . يستعمل في أشابة مع النحاس والحديد والفولاذ وفي تحضير بعض الملوّنات ولا سيماً الزرقاء .

الكوزموترون COSMOTRON
في الفيزياء : جهاز يستعمل لتسريع البروتونات .

الكوزموغرافيا COSMOGRAPHY
علم يبحث في مظهر الكون وتركيبه العامّ وهو يشمل علوم الفلك والجغرافيا والجيولوجية .

الكوزمولوجيا COSMOLOGY
علم يبحث في أصل الكون وبنيته العامّة وعناصره والقوانين التي تسيّره .

الكوس SET SQUARE
في الهندسة : أداة لرسم الزوايا القائمة .

كوس الزوايا LEVEL SQUARE
أداة تستعمل لتخطيط الزوايا أو لاختبار دقّة السطوح المشطوبة .

الكوكايين COCAINE
مخدّر يستخرج من أوراق الكوكا المجفّفة .

الكولاّجين COLLAGENE
مادّة بروتينيّة توجد في النسيج الضامّ وفي العظام والتي تنتج الهلام عند غليها في الماء .

الكولّوديون COLLODION
سائل دبق يخلّف غشاءً شفّافاً صامداً للماء كان يستخدم في الطبّ وفي التصوير الشمسّي .

الكولومتر الغازي GAS COULOMETER
في الهندسة الكهربائيّة : مقياس لكميّة الكهرباء بحجم الغاز المنحلّ .

الكون UNIVERSE
العالم بأسره بما فيها الأرض والكواكب والسّيارات .

الكيلوغرام متر KILOGRAM- METER
وحدة لقياس العمل تساوي القوّة المطلوبة لرفع كيلوغرام واحد متراً واحداً .

الكيلو فلط KILOVOLT
في الكهرباء : وحدة جهد كهربائيّ أو فرق الجهد ، قيمتها ١٠٠٠ فلط .

الكيلو متر KILOMETER
وحدة قياس تساوي ألف متر أو ٣٢٨٠,٨

قدماً أو ٦٢١,٠ ميلاً .

الكيلو واط KILOWATT

في الكهرباء : من المقاييس الكهربائية قدره ألف واط وهو يمثل وحدة كهربائية طاقتها ألف جول في الثانية .

الكيلو واط - الساعة KILOWATT- HOUR

وحدة عمل أو طاقة تعادل تلك التي يؤدّيها كيلو واط واحد في ساعة واحدة .

الكيمياء CHEMISTRY

علم يبحث في تكوين المادّة والتغيّرات التي تلحق بها من جرّاء عوامل مختلفة تفقد الجسم مظهره الخاصّ وصفاته التي يتميز بها .

الكيمياء الأرضيّة GEOCHEMISTRY

علم يبحث في التكوين الكيميائيّ لقشرة الارض وفي التغيّرات الكيميائيّة الطارئة عليها .

الكيمياء الحياتيّة BIOCHEMISTRY

فرع من الكيمياء يبحث في التفاعلات التي تحدث في الانسجة الحيّة .

الكيمياء الضوئيّة PHOTOCHEMISTRY

فرع من الكيمياء يبحث في أثر الطاقة المشعّة في إحداث التغيّرات الكيميائيّة .

الكيمياء العامة GENERAL CHEMISTRY

دراسة القوانين المتعلّقة بمجموعة العناصر الكيميائيّة

الكيمياء العضويّة ORGANIC CHEMISTRY

فرع من الكيمياء يدرس جميع مركّبات الكربون .

الكيمياء الكهربائيّة ELECTROCHEMISTRY

علم يبحث في التغيّرات الكيميائيّة التي تحدثها الكهرباء وبإنتاج الكهرباء بواسطة التغيّرات الكيميائية .

الكيمياء المعدنيّة MINERAL CHEMISTRY

فرع من الكيمياء يدرس أشباه الفلّزات والمعادن واتحادها .

الكينماتيكا KINEMATICS

علم الحركة المجرّدة وهو فرع من الديناميكا يعنى بالحركة بصرف النظر عن اعتبارات الكتلة والقوّة .



ل

اللاّبؤريّة ASTIGMATISM

في الفيزيولوجية : عاهة في العين تتميّز بالعجز عن التحديق البؤريّ .

اللاحب ELECTRODE

في الفيزياء : في مقياس الفلطيّة وفي أنبوب من الغاز المتخلخل طرف كلّ من الموصّلات المثبتة في قطبي مولّد كهربائي .

لا دوريّ APERIODIC

في الفيزياء : كل ما ليست له ذبذبات دوريّة .

اللبتون LEPTON

في الكيمياء : جسيم نوويّ ضئيل الكتلة كالإلكترون والبوزيترون

اللصف FLUORESCENCE

إطلاق نور ناشيء عن امتصاص الاشعاع من مصدر آخر .

لغم مغناطيسيّ MAGNETIC MINE

شحنة متفجّرة توضع تحت الماء وتنفجر بمجرّد قربها من الكتلة الحديديّ لسفينة .

اللقمة BIT

الجزء اللولبيّ الدوّار من المثقب .

اللنثانوم LANTHANUM

في الكيمياء : عنصر فلزيّ نادر رمزه (لن) ووزنه الذرّي ١٣٨,٩٢ .

اللنثانيدات LANTHANIDES

في الكيمياء : عناصر أرضيّة نادرة شبيهة باللنثانوم .

لوح المركم GRID

صفيحة معدنيّة مثقّبة تصطنع كموصل في بطاريّة مختزنة .

اللوغارتم LOGARITHM

لوغارتم عدد حقيقي موجب في نظام قاعدة أ موجب هو أسّ القوّة التي يجب أن يرفع إليها أ لايجاد هذا العدد (رمزه لوغ أ) .

لولب أرخميدس ARCHIMEDEAN SCREW

أداة لولبيّة تستخدم لرفع المياه لأغراض الريّ أو غيرها .

اللومن LUMEN

في الفيزياء : وحدة لقياس تدفّق الضوء .

الليتر LITER

وحدة مكاييل تعادل حجم كيلوغرام من الماء الصافي .

ليتر ضغط جوّي LITRE - ATMOSPHERE

في الهندسة : الشغل اللازم لرفع مكبس مساحته دسيمتر مربع مسافة دسيمتر على ضغط جوّيّ .

الليثيوم LITHIUM

عنصر كيميائيّ رمزه (لث) ووزنه الذرّي ٦,٩٣٩ وهو معدن قلويّ خفيف .

ليفة FIBER

سلك مستطيل يؤلّف بعض الأنسجة الحيوانيّة أو النباتيّة أو بعض الموادّ المعدنيّة .



الماء الثقيل HEAVY WATER

في الكيمياء هو الماء الـذي حلّ فيه محـلّ الهيدروجين نظير ثقيل هو الدوتـيريوم وهـو أقـلّ امتصاصـاً للنيوترونـات من الماء العاديّ .

المادّة الديامغناطيسيّة DIAMAGNET

في الفيزياء : مادّة ضعيفـة الإنفـاذيّة المغناطيسيّة .

مادّة لا شكليّة AMORPHOUS SUBSTANCE

في الفيزياء : مادّة لا متبلّرة ولا شكل لها

المانومتر MANOMETER

في الفيزياء : آلـة لقياس ضغـط الأجسـام السائلة .

المائع FLUID

كل جسـم غازيّ أو سائـل ليس له شكل خاصّ ويمكن تغيير شكله بدون عناء .

مبحث القلب CARDIOLOGY

في الطـبّ : دراسـة القلـب ووظائفـه وأمراضه .

المبدأ PRINCIPLE

العنصر المكوّن للأشياء الماديّة . وفي الفيزياء : قانون ذو صفة عامّة تسير بموجبه مجموعـة من الظاهـرات ويتحقّـق بدقّـة نتائجه .

مبدأ أرخميدس ARCHIMEDES' PRINCIPLE

في الفيزياء : مبـدأ يقـول إن كل جسـم مغموس في مائع أو في سائل يتلقى قوّة دفع عمـوديّ من أسفـل إلى فوق تسـاوي وزن المائع أو السائل المزاح .

مبدأ القصور الذاتي PRINCIPLE OF INERTIA

في الميكانيكا : مبدأ يقول إن كلّ نقطة ماديّة لا تخضـع لأيّة قوّة تكون إمـاً ساكنـة أو خاضعة لحركة مستقيمة مطّردة .

متّحد المحور COAXIAL

صفة تطلق على ما له محور مشترك مع جسم آخر .

المتّحد المركز CONCENTRIC

يقال على المنحنيات والسطوح التي لها مركز واحد .

المتر METER

وحـدة الطـول في النظـام المتـريّ وتسـاوي ٣٩,٣٧ إنشاً .

المتردّدة TROMBONE

آلة نفخ موسيقية من فئة آلالات النحـاسيّة تخرج منها النفخات باطالة جسمها بفضـل مزلاق .

متسلسلة ليمان LYMAN SERIES

في الفيزياء : طيف الهيدروجـين في نطـاق الأشعّة فوق البنفسجيّة .

متشاكل ISOMORPHIC , ISOMORPHOUS

يقـال على الشيء المتشابـه الاشـكال مع اختلاف الاصل وفي علم المعادن يقال على

الأجسام التي تتمكن من تشكيل بلّورات مشتركة .

المتعامد ORTHOGONAL

في الهندسة : يقال عن مستقيمين أو دائرتين أو سطحين أو مستقيم وسطح تتقاطع بزاوية قائمة .

المتغيّرة VARIABLE

في الرياضيّات : نظام يمكن أن يتخذ قيماً عدديّة مختلفة داخل حدود معيّنة أو خارجها .

المتمّم COMPLEMENT

في الهندسة : الزاوية التي يجب إضافتها إلى زاوية حادّة لتكوين زاوية قائمة .

المتموّرة AMOEBA

في علم الحياة : حيوان وحيد الخلية يعيش في الماء المالح والماء العذب والتربة الرطبة وينتقل بواسطة أقدام كاذبة .

المتمّمة COMPLEMENT

ما يجب إضافته إلى شيء ليصبح تاماً .

ـ في الرياضيات : ما يجب إضافته إلى زاوية حادّة لتصبح زاوية قائمة .

المتوازي السطوح PARALLELEPIPED

في الهندسة : موشور سداسّي ذو أوجه متوازية الأضلاع .

متوازي المغناطيسيّة PARAMAGNETIC

في الفيزياء : قابل للمغنطة مثل الحديد ولكن إلى درجة أضعف بكثير كالالومنيوم والبلاتين .

المتوالية الحسابيّة

ARITHMETICAL PROGRESSION

في الرياضيات : مجموعة سلسلة أعداد كل عدد منها يساوي العدد السابق مضافاً إليه أو مطروحاً منه عدد ثابت يسمّى الأساس .

مثال المتوالية المتزايدة : ÷١ ، ٤ ، ٧ ، ١٠ . . [الأساس ٣] ومثال المتوالية المتناقصة : ÷ ١٧ ، ١٣ ، ٩ . . [والأساس هنا ٤] .

المتوالية الهندسيّة

GEOMETRIC PROGRESSION

في الرياضيات : سلسلة أعداد يساوي كلّ عدد منها العدد السابق مضروباً بعدد ثابت أو مقسوماً على عدد ثابت مثال ذلك ÷ : ٥ ، ١٠ ، ٢٠ ، ٤٠ [أساس ٢] .

متوهّج INCANDESCENT

نعت يوصف به الجسم الذي يصبح نيّراً تحت تأثير حرارة مرتفعة .

المثقاب الرئويّ PNEUMATIC DRILL

مثقاب يعمل بالهواء المضغوط .

المثلّث TRIANGLE

في الهندسة : مضلّع ذو ثلاثة رؤوس وبالتالي ثلاث زوايا تساوي مساحته نصف حاصل ضرب طول قاعدته بارتفاعه .

المثمّن OCTOGON

في الهندسة : مضلّع له ثمانية رؤوس وبالتالي ثماني زوايا .

المجال FIELD

في الرياضيّات : في نظام من المتغيّرات مجموعة القيم التي قد تأخذها هذه المتغيّرات

مجال القوّة FIELD OF FORCE

حجم الفراغ الذي تحدث فيه قوّة مسلّطة على جسم أثراً تمكن استبانته .

المجال الكهربائي ELECTRIC FIELD

في الفيزياء : المدى الذي يكون فيه جسم مكهرب تحت تأثير قوى .

المجال المغناطيسي MAGNETIC FIELD

في الفيزياء : المدى الذي يكون فيه

مغناطيس تحت تأثير قوى .

المجدليني MAGDALENIAN

متعلق بحقبة من العصر الحجري القديم تميّزت بالأدوات الصوّانية والعظميّة والعاجيّة وبالنحت والرسم .

المجذور RADICAND

في الرياضيّات : المقدار الموجود تحت علامة الجذر √ .

المجرّة GALAXY

في علم الفلك : عدد هائل من النجوم لها تقريباً شكل عدسة قد يبلغ طول قطرها ١٠٠,٠٠٠ سنة ضوئية وسماكتها ١٥٠٠٠ سنة ضوئيّة .

مجسّم إهليلجيّ مجسّم القطع الناقص

ELLIPSOID

سطح محدّب من الدرجة الثانية له ثلاثة مستويات تماثل كل اثنين منها متعامدان وثلاثة محاور تماثل كل اثنين منها متجاوران . وتتقاطع هذه المستويات وهذه المحاور في نقطة واحدة هي مركز المجسّم .

مجمّع التيّار CURRENT COLLECTOR

في الهندسة الكهربائية : ذراع توصيل الحافلة الكهربائية بالتيّار .

المجموعة GROUP

في الرياضيّات : جملة تخضع لقانون التركيب الداخلي الذي يتميّز بجميع الحدود ووجود عنصر محايد ، وتكون بحيث أن لكلّ عنصر من الجملة عنصراً متماثلاً معه .

مجموعة ثمانيّة OCTET

في الكيمياء : مجموعة من ثمانية الكترونات في جزيء .

المجهر MICROSCOPE

آلة بصريّة تتألف من عدسات عدّة تستعمل لرؤية أشياء صغيرة لا ترى بالعين المجرّدة .

المجهر الالكتروني

ELECTRONIC MICROSCOPE

آلة تشبه المجهر لكنّ الأشعة الضوئية فيها يحلّ محلها سيل من الالكترونات وعندئذ يمكن أن يبلغ تكبيرها ١٠٠ ضعف تكبير المجهر العاديّ .

المحاثّة INDUTANCE

في الكهرباء : حاصل ضرب نبض تيار كهربائي متناوب بمعامل حث الدائرة الذاتي .

محايد NEUTRAL

في الكيمياء : صفة لجسم لا هو حامض وليس قاعديّاً .

المحتفظيّة RETENTIVITY

في الفيزياء : القدرة على الاحتفاظ بالمغناطيسيّة بعد زوال القوّة الممغنطة .

المحث INDUCTOR

في الكهرباء : أداة غرضها الأساسي إحداث التأثير الكهرطيسي في دائرة كهربائية .

المحدار DECLINOMETER

في الفيزياء : مقياس الحدور المغناطيسّي .

محرّك احتراق داخلي

INTERNAL COMBUSTION ENGINE

في الميكانيكا : محرّك تتحوّل فيه الطاقة التي ينتجها وقود مباشرة إلى طاقة آلية .

المحرك الارتكاسي REACTION ENGINE

في الميكانيكا : محرّك يحدث فيه العمل الآلي بقذف دفعات غازيّة خارج المحرّك .

محرّك بخاري STEAM ENGINE

محرّك يعمل بقوّة بخار الماء .

محزّزة الحيود DIFFRACTION GRATING

في الفيزياء : أداة تستخدم للحصول على الاطياف استناداً إلى ظاهرة الحيود وتتخذ من لوح زجاجيّ أو معدني مصقول تحزّ على سطحه خطوط مستقيمة متوازية .

محطّة الترحيل RELAY STATION

محطّة تذاع منها برامج الراديو أو التلفيزيون بعد التقاطها من محطّة أخرى .

المحطّة الفضائيّة SPACE STATION

قمر اصطناعي يطلق إلى مدار ثابت حول الأرض ويستخدم كقاعدة للرصد العلميّ .

المحلول SOLUTION

في الكيمياء : المستحضرات الناجمة عن تفكيك بعض المركّبات الكيميائية إلى أجزائها .

محلول كهربائي ELECTROLYTE

في الكيمياء : مركّب كيميائي يمكن أن يتأثّر بالتحليل الكهربائي عندما يكون في حالة ذوبان أو انصهار .

المحور AXIS

خط يمرّ في وسط جسم ما .

- في علم الفلك : خط وهميّ يدور حوله سيّار .
- في الرياضيّات : خط مستقيم اختير عليه اتّجاه معينّ .
- في الميكانيكا : خطّ أو قطعة ثابتة يدور حولها جسم جامد .

محور الارتكاز PIVOT

في الفيزياء : قطة أسطوانيّة تدور في قسم ثابت يكون دعامة لها .

محور التماثل AXIS OF SYMMETRY

في الرياضيّات : خطّ مستقيم تتماثل بالنسبة له نقط صورة ما اثنتين اثنتين .

محور الكرة AXIS OF THE SPHERE

في الهندسة : الخطّ المستقيم الموصل بين قطبي الكرة .

المحوّل TRANSFORMER

في الكهرباء : آلة تحوّل تياراً كهربائياً متناوباً إلى تيّار آخر متناوب له التردد ذاته لكنّه يختلف في الجهد .

محوّل ثنائي BINARY CONVERTER

في الكهرباء : جهاز يحوّل التّيار من متناوب الى مستمر .

المحوّلة INVERTER

في الكهرباء : أداة لتحويل التيار الطرديّ إلى تيار متردد بوسائل ميكانيكية أو إلكترونية .

محيط الدائرة CIRCUMFERENCE

في الهندسة : خطّ منحن مغلق يحيط بمساحة دائرية وتكون نسبتها إلى القطر ثابتة يعبّر عنها بالحرف اليوناني π وقيمته ٣,١٤١٦ تقريباً .

المحيط المائي HYDROSPHERE

غلاف الأرض المائيّ .

مختلف المركز EXCENTRIC

في الميكانيكا : قرص مثبت على ذراع دائرة يستعمل لتأمين بعض أنواع الحركة .

في الهندسة : دائرتان إحداهما ضمن الأخرى ولهما مركزان مختلفان .

المخرج DENOMINATOR

أحد جزئي الكسر الدال على عدد الأجزاء التي قسّمت إليها الوحدة مثل ٤ في ٣/٤ .

المخروط CONE

شكل حادث من دوران مثلث قائم الزاوية على احد ضلعي هذه الزاوية .

المخل LEVER

آلة مستطيلة من حديد ونحوه ترفع بها الحجارة أو تقلع .

مخمّس PENTAGON

مضلع له خمسة رؤوس وبالتالي خمس زوايا .

المدار ORBIT

في الفيزياء : مسار جسم يتحرّك دورياً كمدار الالكترونات حول النواة في ذرّة .

- في علم الفلك : منحنٍ مغلق يرسمه سيّار حول الشمس أو تابع حول سيّار .

المرآة المحدّبة CONVEX MIRROR

مرآة مقوّسة إلى الخارج نحو المراقب تعطي صورة تقديرية أصغر من الشيء الذي تعكسهُ .

مرآة مقعّرة CONCAVE MIRROR

مرآة مقوّسة إلى الداخل تجعل الأشعة الضوئيّة تتقارب ممّا يقرب الشيء ويجعله أكبر حجماً مما هو عليه .

المربّع SQUARE

مضلّع رباعيّ أضلاعه متساوية وزواياه قائمة .

مدّة الدورة ORBITAL PERIOD

في علم الفلك : الزمن الذي يستغرقه السيّار في قيامه بدورة كاملة حول الشمس .

المذنّب COMET

في علم الفلك : كوكب سديميُّ الشكل يتألف من نواة مضيئة هي الرأس تحيط بها غمامة غازيّة .

المذياع MICROPHONE

في الفيزياء : آلة تحوّل الاهتزازات الصوتيّة إلى تذبذبات كهربائية .

المربّع السحريّ MAGIC SQUARE

سلسلة من الأرقام مثبتة في مربّع بحيث يكون مجموعها واحداً سواء أجمعت عموديّاً أو أفقياً أو قطرياً .

المرجفة SEISMOGRAPH

أداة لتحديد مواقع الزلازل وقوّتها

المرساة ANCHOR

في البحرية : قطعة من الفولاذ معلّقة بكبل أو بسلسلة لتثبيت سفينة .

المرسام الزمني PHOTOCHRONOGRAPH

جهاز لتصوير شيء متحرك في فترات نظامية قصيرة .

مرسمة الاستقطاب POLAROGRAPH

في الكيمياء : آلة للكشف عن الموادّ المذابة في محلول مخفّف .

مرسمة الذبذبات OSCILLOGRAPH

آلة تمكّن من تسجيل تغيّرات تيّار كهربائي متغيّر تبعاً للزمن .

مرسمة القلب الكهربائية

ELECTROCARDIOGRAPH

جهاز يمكن من تسجيل الصور البيانيّة الكهربائية لعمل القلب .

مرسمة موجات الدماغ

ELECTROENCEPHALOGRAPH

آلة تسجيل الموجات الدماغية .

المرشحة FILTER

جهاز يمرّ فيه سائل أو غاز لفصل الجسيمات الجامدة المعلقة فيه .

- في الفيزياء : أداة أو مادة لكبت بعض الموجات الكهربائية أو الصوتيّة .

المرصد OBSERVATORY

منشأة للملاحظات الفلكيّة وللأرصاد الجوّية .

مرصدة METEOROGRAPH

في علم الفلك : آلة تستعمل لتسجيل الظاهرات الجوّية .

المرطاب HYGROMETER

جهاز لقياس الرطوبة النسبيّة في الجوّ .

المرطابيّة HYGROMETRY

قياس الرطوبة النسبيّة في الجوّ .

المرطاب المحرار HYGROTHERMOGRAPH

أداة لتسجيل الرطوبة والحرارة معاً على رسم بياني واحد .

المرفاع JACK

آلة لرفع الأثقال .

المركبة الصاروخيّة ROCKET SHIP

مركبة مسيّرة بالصواريخ قادرة على الانطلاق خارج جوّ الأرض .

المركز CENTER

في الرياضيّات : نقطة على أبعاد متساوية من جميع نقط دائرة أو كرة .

- نقطة تقاطع أقطار خط منحن مغلق وبعض المضلّعات .

مركز الثقل CENTER OF GRAVITY

النقطة التي يبدو أن كل ثقل الجسم متمركز فيها

المركز السطحي EPICENTER

في الجيولوجيا : النقطة من سطح الأرض الواقعة فوق بؤرة الزلزال مباشرة .

المركّب COMPOUND

في الكيمياء : كل جسم كيميائي مركب من عنصرين أو أكثر .

مركزيّ أرضي GEOCENTRIC

متعلّق بمركز الأرض أو مقيس منه .

المركم ACCUMULATOR

في الفيزياء : جهاز يختزن الطاقة الكهربائية تحت شكل كيميائي لاعادتها عند الحاجة إلى شكل كهربائي .

المزدوجة COUPLE

في الرياضيات : مجموع عنصرين متّحدين حسب نظام معيّن .

- في الفيزياء : قوّتان متساويتان تعملان في اتجّاهين متضادّين .

- في الميكانيكا : تسلّط قوّتين متعادلتين بحيث تحاول كلّ واحدة منهما إدارة شيء في الاتجاه الواحد .

المزمار OBOE

آلة نفخ من آلات الطرب لها لسان مزدوج وأنبوب مخروطيّ الشكل .

المزواة THEODOLITE

أداة لقياس الزوايا يستخدمها المهندسون .

المساحة النوعيّة SPECIFIC AREA

في الفيزياء : المساحة السطحيّة للجسيمات في غرام واحد من المادّة .

المسار TRAJECTORY

خطّ ترسمه نقطة مادّية متحرّكة من نقطة انطلاقها إلى نقطة وصولها .

مسار دويريّ فوقي EPICYCLOID

منحن ترسمه نقطة من محيط دائرة متحرّكة تتدحرج دون انزلاق على دائرة ثابتة .

مسبار الارتفاعات SONDE

منطاد صغير يستخدم لدراسة حرارة الهواء العلويّ وحركته .

المستقيم المتوسط MEDIAN

مستقيم معامد لجزء من مستقيم ومار في منتصفه .

المسدّدة COLLIMATOR

آلة بصريّة تمكّن من الحصول على حزمة من الأشعّة المتوازية .

مسدّس HEXAGON

مضلّع له ستة رؤوس وبالتالي ست زوايا .

المسرّع ACCELERATOR

في الميكانيكا : عضو يسيطر على دخول مزيج غازيّ إلى المحرّك لتغيير حركته .

ـ في الفيزياء : كلّ آلة توصل إلى جسيمات بدائية (من الكترونات وبروتونات وسواها) سرعات مرتفعة جداً .

المسطرة الحسابيّة SLIDE RULE

أداة تستعمل للحساب السريع تستند إلى استعمال اللوغارتمات وتتألف من مسطرة مدرّجة متحرّكة تنزلق على مسطرة أخرى عليها تدرّجات أخرى .

مسطح الثقل GRAVITY PLANE

في الهندسة : سطح مائل تجرّ عليه العربات المعبّأة النازلة والعربات الفارغة الصاعدة .

المسلّمة POSTULATE

مبدأ أوّليّ لم يقم الدليل عليه ولا بدّ من التسليم به للتسليم بما يترتب عليه من نتائج منطقيّة .

المسماع EARPHONE

أداة تحوّل الطاقة الكهربائية إلى موجات صوتيّة وتحمل فوق الأذن أو تقحم فيها .

المسماع AUDIOMETER

في الفيزياء : مقياس قوّة السمع أو مسموعيّة الصوت .

المسماك CALIPERS

أداة لقياس سماكة الشيء أو ثخانته .

المشعر CAPILLATO

في الكيمياء : مقياس الرقم الهيدروجيني بمقارنة اللون في أنابيب شعريّة .

المصباح الكهربائي ELECTRIC LAMP

في الفيزياء : غلاف زجاجيّ يحتوي على سلك معدنيّ رفيع يمرّ فيه التيّار الكهربائي فيضيء .

المصباح المتوهّج INCANDESCENT LAMP

مصباح يحدث فيه الضوء من توهّج جسم يصبح مضيئاً تحت تأثير ارتفاع حرارته .

المصبّعة GRID

شبكة قضبان متصالبة .

مصراع VALVE

في الكهرباء : جهاز لا يمكّن إلاّ من عبور تناوب واحد من تيار متناوب .

المصعد LIFT

جهاز كالحجرة يستعمل في البنايات العالية يصعد بالناس ويهبط بهم بقوّة الكهرباء .

المصعد المائي HYDRAULIC LIFT

مصعد يعمل بضغط الماء بدلاً من الكهرباء .

المصغر MIROMETER

أداة تستعمل مع تلسكوب أو مكروسكوب لقياس الأبعاد والزوايا البالغة الصغر .

المصفار PANPIPE

في الموسيقى : آلة موسيقية بدائية من آلات النفخ تتألّف من سلسلة أنابيب متدرّجة الطول .

المصفوفة MATRIX

جدول مقسم إلى خلايا أو خانات .

المضاعف MULTIPLIER

في الفيزياء : أداة لمضاعفة أثر ما كالحرارة مثلاً أو تقويته .

المضبط CONTROLLER

في الميكانيكا : أداة لضبط سرعة الآلة أو تنظيمها .

المضخّة PUMP

في الفيزياء : آلة لاجتذاب السوائل أو

دفعها أو ضغطها .

المضخّة الخوائيّة VACUUM PUMP

في الفيزياء : مضخّة لإحداث خواء جزئي .

مضخّة دافعة PRESSURE PUMP

في الهندسة : مضخّة يدفع فيها المكبس السائل في أنبوب .

مضخّة نابذة CENTRIFUGAL PUMP

في الفيزياء والهندسة : مضخة طرد مركزي .

المضخّة النبضية PULSOMETER

مضخّة ذات صمامات لرفع الماء بالبخار والضغط الجوّي من غير استعانة بكباس .

المضلّع POLYGON

شكل هندسّي مغلق متعدّد الأضلاع . والمضلّع المنتظم ما كانت جميع أضلاعه متساوية وجميع زواياه متساوية .

المطهّر DISINFECTANT

يقال عن المواد والعوامل الكيميائية التي تستعمل للتطهير كالكلور مثلاً .

المطياف SPECTROSCOPE

آلة معدّة لدراسة مختلف الأطياف الضوئيّة ولا سيما في ترتيب الحزوز التي تكوّنها .

المطيافيّة SPECTROSCOPY

في الفيزياء : دراسة الأطياف الضوئية .

المعادلة EQUATION

في الرياضيات : المساواة بين كمّيات معلومة وكمّيات مجهولة لا تتحقق إلاّ بواسطة بعض القيم لهذه الأخيرة .

المعادلة التكامليّة INTEGRAL EQUATION

في الرياضيّات : معادلة تدخل فيها مع المتغيّرة المستقلّة متغيّرة أخرى ومشتقاتها المتعاقبة .

المعادلة الجبرية ALGEBRIC EQUATION

معادلة تخضع فيها المجهولات لعمليات الجبر العادية من جمع وضرب وقسمة والرفع الى قوّة وحساب الجذور دون سواها من العمليّات .

المعادن MINERALS

أجسام لا عضويّة تؤلف صخور القشرة الأرضية .

معامل الانكسار REFRACTION INDEX

في الفيزياء : نسبة سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في محيط ما كالماء والهواء

المعدن METAL

جسم بسيط له لمعان خاصّ يكون عادة موصّلا جيّداللكهرباء والحرارة ويعطي باتّحاده مع الأكسجين أكسيداً قاعديّاً على الأقل .

معشّر الزوايا DECAGON

مضلع له عشرة رؤوس وبالتالي عشر زوايا .

المعطيات DATA

مجموعة القضايا المسلّمة في علم من العلوم

معلم PARAMETER

في الميكانيكا والرياضيّات : مقدار متغيّر القيمة يتعيّن بإحدى قيمه نقطة أو منحنٍ أو دالّة

المعماق BATHOMETER

أداة لقياس عمق المياه في الأنهر أو في البحار .

معيار النغم TUNING FORK

آلة فولاذيّة صغيرة بشكل شوكة تعطي نغم « لا » حين تهتزّ .

المعيّن LOZENGE

في الهندسة : شكل ذو أربعة أضلاع

متساوية كلّ اثنين منهما متوازيان وزاويتين حادّتين وزاويتين منفرجتين

معيّن الاتّجاه DIRECTION FINDER

في الفيزياء : أداة لتحديد الجهة التي تنطلق منها الموجات اللاسلكيّة .

المعيني المستقيم ORTHORHOMBIC

صفة شكل من أشكال الهندسة الفراغيّة ذي ثلاثة محاور متعامدة غير متساوية .

المغناطيس MAGNET

أكسيد الحديد الطبيعيّ الذي يجذب الحديد وبعض المعادن الأخرى .

- قطعة أو إبرة من الفولاذ حصلت على هذه الخاصيّة بطريقة اصطناعيّة .

المغناطيسية MAGNETISM

فرع من الفيزياء يدرس خصائص المغناطيس

المغناطيسيّة الأرضيّة

TERRESTRIAL MAGNETISM

مجال مغناطيسّي منظم نوعاً بمستوى سطح الأرض يتغير قطبه المغناطيسّي الشماليّ ببطء من سنة إلى سنة .

الممغنطرون MAGNETRON

في الفيزياء : صمام مفرّغ يكون تدفّق الإلكترونات فيه خاضعاً لتأثير مجال مغناطيسّي خارجيّ .

المغنيزيوم MAGNESIUM

عنصر كيميائي رمزه (مغ) ووزنه النوعي ٢٤,٣١٢ وهو معدن لونه إلى البياض الفضي يحترق في الهواء ويستعمل في مركّبات صناعيّة عدّة .

المغنيط MAGNETO

في الميكانيكا : جهاز كهربائيّ لإحداث الشرر في محرّك داخليّ الاحتراق

المفاعل النوويّ NUCLEAR REACTOR

في الفيزياء : جهاز تتحوّل فيه المادّة إلى طاقة بانشطار نوى ذرّات اليورانيوم انشطاراً متسلسلاً يستمرّ تلقائيّاً وتتخذ فيه الوسائل الكفيلة بوقفه والسيطرة عليه .

المفرّغ DISCHARGER

في الكهرباء : أداة تزيل الشحنة الكهربائيّة .

المفحّم CARBURETOR

أداة لمزج الهواء بالبترول بغية إحداث مزيج متفجرّ .

المفهوم CONCEPT

فكرة يتصوّرها العقل كمفهوم الزمان مثلاً .

المقابلة OPPOSITION

في علم الفلك : وقوع السيّار في اتّجاه معاكس لموقع الشمس بالنسبة إلى الأرض .

المقارنة ANALOGY

علاقة أو تشابه بين شيئين .

المقاوم RESISTOR

في الفيزياء : أداة تستعمل في دائرة كهربائيّة لما تتميّز به من قدرة على مقاومة مرور التّيار الكهربائيّ .

المقاوم المتغيّر RHEOSTAT

في الكهرباء : أدارة لتنظيم التّيار الكهربائيّ بواسطة مقاومات متغيّرة .

المقاومة RESISTANCE

في الكهرباء : صعوبة تعترض عبور التّيار الكهربائيّ في موصّل .

المقاوميّة RESISTIVITY

في الفيزياء : المقاومة النوعيّة لمادّة ما تتميّز بالمقاومة الكهربائيّة لموصّل اسطوانيّ الشكل طوله سنتيمتر واحد ومقطعة سنتيمتر مربع من المادّة المعنيّة .

المقطاب POLARIMETER

في الفيزياء : آلـة تستخـدم لقياس دوران مستوى استقطاب الضوء .

المقوّم RECTIFIER

في الكهرباء : أدارة تستعمل لتحويل تيّار متناوب إلى تيّار متواصل .

مقياس الارتفاع ALTIMETER

في الفيزياء : آلة لقياس الارتفاع عن سطح البحر .

مقياس التداخل INTERFEROMETER

في الفيزياء : أداة تستخـدم ظاهـرات التداخـل الضوئي لتحـديد طول الموجـة ومعامل الانكسار .

مقياس التعريض EXPOSURE METER

في الفيزياء : آلة تقيس شدة الضوء الآتي من مشهد يرغب في تصويره .

مقياس الزوايا GONIOMETER

آلـة طوبوغـرافية لرسـم مخططـات وقياس الزوايا على الأرض .

مقياس الطيف الإشعاعيّ

RADIO SPECTROMETER

ـ في الـراديو : مقياس طول التموّجـات اللاسلكيّة .

مقياس الفلطيّة VOLTMETER

في الكهربـاء : آلـة لقياس فوارق الجهـد والقوى الكهربائيّة الحركيّة .

مقياس الكثافة DENSIMETER

في الفيزياء : آلـة تستعمـل لقياس كثافـة السوائل بطريقة مباشرة .

المقياس الكلفانيّ GALVANOMETER

في الفيزياء : آلــة تستخـدم لكشف شدّة التّيارات الكهربـائيّة الضعيفـة أو لقياس بمراقبة حيود إبرة ممغنطة أو بوسيلة أخرى .

المكباس الهيدروليكي HYDRAULIC RAM

مضخّة تستخدم طاقة المياه الساقطة لرفع جزء من الماء إلى ارتفاع أعلى من ارتفـاع المصدر .

مكبّر الصوت LOUDSPEAKER

في الفيزياء : آلة تحوّل الذبذبات الكهربائيّة إلى موجات صوتيّة لسماع جماعيّ .

المكبح BRAKE

في الميكانيكا : جهاز آليّ يتخذ في السّيارات ونحوها لتخفيف سرعتها أو لإيقافها .

مكبس PISTON

في الميكانيكا : قرص اسطوانـيّ يتحـرّك بمماسة ليّنة في جسم مضخّة أو في أسطوانة آلة بخارية وفي محرّك انفجاري .

المكبس PRESS

آلـة ضاغطـة مختلفـة الأشكال والاحجام تستعمـل في صناعـات عدّة للـكبس أو للعصر .

المكبس المائي HYDRAULIC PRESS

في الفيزياء والهندسـة : مكبس يتـمّ فيه الضغط بواسطة سائل .

مكثاف DENSIMETER

في الفيزياء : آلـة تستعمـل لقياس كثافـة السوائل بطريقة مباشرة .

مكثاف السوائل HYDROMETER

في الفيزياء : آلة لقياس كثافة السوائل .

المكثّف CONDENSER

في الفيزياء والهندسة الكهربائية : آلة معدّة لتخزين شحنة كهربائيّة .

المكربن CARBURETOR

أداة لمزج الهواء بالبترول .

المكسر REFLECTOMETER

في الفيزياء : مقياس انكسار الأشعّة .

المكسول MAXWELL

في الفيزياء : وحدة التدفق المغناطيسي .

المكشاف DETECTOR

في الفيزياء : أداة للكشف عن الموجات الكهربائيّة أو عن النشاط الإشعاعيّ .

مكشاف الاستقطاب POLARISCOPE

في الفيزياء : آلة تستعمل لمعرفة ما إذا كان الضوء منبعثاً مباشرة من مصدر أو أنّه تعرض لظاهرة الاستقطاب .

مكشاف الرطوبة HYGROSCOPE

جهاز يبيّن تغيّرات الرطوبة النسّبية في الهواء .

المكشاف الكلفانيّ GALVANOSCOPE

آلة لكشف أثر التيّارات الكهربائيّة على الأجسام أو الأعضاء الحيّة .

المكشاف الكهربائيّ ELECTROSCOPE

أداة للكشف عن وجود شحنة كهربائية على جسم ما ولتقرير ما إذا كانت الشحنة موجبة أو سالبة وللكشف عن الإشعاع وقياس كثافته .

مكشاف الماء HYDROSCOPE

أداة كهربائية لاكتشاف وجود الماء نتيجة لارتشاح أو فيض .

المكشاف الموجيّ WAVE DETECTOR

في الفيزياء : آلة تستعمل لاكتشاف التيّارات الهوائيّة العالية التردّد .

المكهار ELECTROMETER

أداة لقياس مقدار القوّة الكهربائيّة .

ملتقى الارتفاعات ORTHOCENTER

في الرياضيّات : نقطة تلتقي فيها الارتفاعات الثلاثة في مثلّث .

الملفّ COIL

في الفيزياء : جهاز مؤلف من سلك كهربائيّ معزول وملفوف لولبيّا حول أسطوانة .

الملفّ اللولبيّ SOLENOID

في الكهرباء : سلك معدنيّ ملفوف بشكل حلزونيّ على أسطوانة فإذا مرّ فيه تيّار أحدث مجالاً مغناطيسياً يشبه مغناطيساً مستقيماً .

الملوحة SALINITY

درجة وجود كميّة الملح المذاب في جسم سائل كملوحة ماء البحر .

المليّمتر MILLIMETER

وحدة قياس طول تساوي واحد من ألف من المتر .

المماس TANGENT

في الرياضيّات : المماس لمنحنٍ هو المستقيم الذي يمس هذا المنحني في نقطة واحدة منه . ومماسّ السطح هو المستقيم المماس لمنحنٍ مرسوم على هذا السطح .

الممال GRADIENT

معدّل تغيّر عنصر جوّيّ بالنسبة إلى المسافة .

المنحني CURVE

في الرياضيّات: خطّ يعبّر عن قانون ظاهرة ما .

- خطّ يتغيّر اتّجاهه تدريجاً دون أن يشكّل زاوية

المنزلقة CURSOR

نصل صغير أو ابرة تنزلق على مسطرة أو فرجار أو ما شاكل ذلك .

المنساخ PANTOGRAPH

جهاز يستعمل في نقل الرسوم وتكبيرها وتصغيرها .

المنشار الحزاميّ BAND SAW

منشار على شكل حزام فولاذيّ مسنّن يدور

على بكرتين .

المنصّف BISECTOR

نصف مستقيم ينطلق من رأس زاوية ويقسمها إلى قسمين متساويين .

المنطاد المقيّد CAPTIVE BALLOON

منطاد مشدود إلى الأرض بحبل يستخدم للمراقبة والاستكشاف .

المنطقة الكرويّة ZONE

في الجغرافيا : أحد أجزاء خمسة كبيرة من سطح الأرض تحدّها خطوط موازية لخط الاستواء وتحمل أسماء تتفق والمناخ السائد فيها .

منظار الأعماق HYDROSCOPE

أداة بصريّة تمكّن من رؤية شيء على مسافة بعيدة تحت سطح الماء .

منظار ذو عينيّتين BINOCULAR

في علم البصريّات : آلة بصريّة لها عينيّتات وتستعمل لتكبير الأشياء البعيدة .

منظار الرطوبة HYGROSCOPE

أداة تظهر التغير الطارىء على الرطوبة الجوّية .

منظّف DETERGENT

مادّة كيميائية تستعمل للتنظيف .

المنغنيز MANGANESE

عنصر كيميائيّ رمزه (م) ووزنه الذرّي ٥٤,٩٣٨ وهو معدن رماديّ اللون يستعمل في صنع الفولاذ الخاصّ ولأغراض صناعيّة أخرى .

المنقاش BURIN

أداة للنقش في المعادن أو الرخام

الموت بالكهرباء ELECTROCUTION

موت يحصل عن مرور التيّار الكهربائيّ في الجسم .

الموجات الطويلة LONG WAVES

في الراديو : أمواج كهرطيسيّة أطوالها من ألف إلى عشرة آلاف متر .

الموجات القصيرة SHORT WAVES

في الفيزياء : موجات دون الموجات المتوسّطة .

الموجة WAVE

في الفيزياء : اسم يطلق على الخطوط أو السطوح التي تتعرّض في وقت ما إلى اهتزاز أو ذبذبة تنتشر في المكان .

الموجة السطحيّة GROUND WAVE

موجة من موجات الراديو تثبّت في محاذاة سطح الأرض

الموجة الصدميّة SHOCK WAVE

في الفيزياء : سطح من اللاتماسك في السرعات يتعلّق بميزات فيزيائيّة أخرى سببها انضغاط الهواء عند السرعات القصوى ويحدث في مناطق الفضاء حيث تفوق سرعة الانسياب سرعة الصوت .

المؤزون OZONIZER

في الكيمياء : جهاز لتحويل الاكسجين إلى أوزون .

الموشور PRISM

في الفيزياء : مجسمّ من بلّور أو من مادّة شفّافة أخرى تكون قاعدته مثلّثة الأضلاع .

الموزّعة DISTRIBUTOR

في الميكيانيكا : أداة لتوزيع التيّار الثانويّ .

الموصّل CONDUCTOR

في الفيزياء : مادّة موصّلة للكهرباء أو الحرارة أو الصوت .

الموصّليّة CONDUCTIVITY

في الفيزياء : صفة جسم بإمكانه نقل

الكهرباء أو الحرارة أو الصوت .

الموصَلِيَّة النهائيّة
LIMITING CONDUCTIVITY
في الكيمياء : موصَّلِيَة المادّة في حالة التأيُّن الكامل .

المولّد GENERATOR
في الفيزياء : جهاز أو آلة تحوّل طاقة ما إلى طاقة كهربائيّة .

مولّد إلكترونات ELECTROGEN
في الفيزياء : جزيء تنبعث منه الإلكترونات بالإضاءة .

الميثان METHANE
في الكيمياء : غاز لا لون له صيغته (ك يد٤) يحترق في الهواء ويتصاعد من الموادّ العضويّة المتعفّنة .

الميجر MEGGER
في الهندسة الكهربائية : جهاز لقياس مقاومة العزل الكهربائيّ .

الميزر البصري OPTICAL MASER
في الفيزياء : مضخّم الموجات الدقيقة بالانبعاث الإشعاعيّ المستثار بواسطة الطاقة الضوئيّة .

الميكانيكا MECHANICS
شعبة من الفيزياء تبحث في الطاقة والقوى وأثرها في الأجسام .

الميكروسكوب MICROSCOPE
آلة بصريّة تتألّف من عدسات عدّة تستعمل لرؤية أشياء صغيرة لا ترى بالعين المجرّدة .

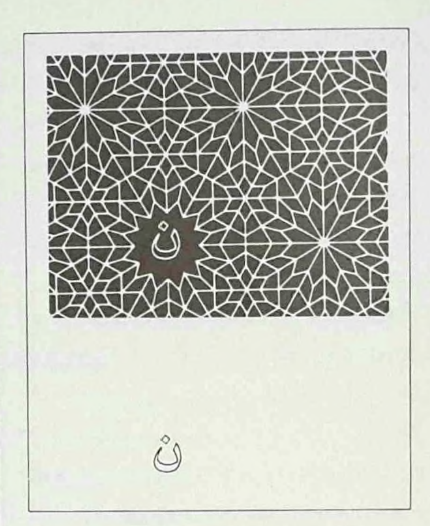
ميكروفون متدرّج الضغط
PRESSURE- GRADIENT MICROPHONE
في علم الصوتيّات : ميكروفون يعمل بفرق الضغط الصوتيّ على جانبي الغشاء .

الميل MILE
قياس طولي يساوي ١٧٦٠ ياردا أو ١٦٠٩,٣٤٤ أمتار . والميل البحري البريطاني يساوي ١٨٥٣,١٨ مترا .

الميل الزاويّ DECLINATION
في علم الفلك : البعد الزاويّ لنجم أو كوكب شمالاً أو جنوباً عن خطّ الاستواء السماويّ .

المينا DIAL
مينا الساعة وجهها الذي عليه عقاربها والأرقام الدالّة على الوقت .





نابذة CENTRIFUGE

في الفيزياء : آلة تستعمل لإخضاع جسم لآثار التسارع وإبعاده عن المركز .

النابض SPRING

في الفيزياء : عضو مطّاط يكون عادة من معدن وبإمكانه العودة الى وضعه الأول بعد زوال القوّة التي تكون قد غيّرت هذا الوضع .

الناقلة CARRIER

في الكيمياء : مادّة حفّازة ينقل بواسطتها عنصر من مركّب إلى آخر .

الناي FLUTE

آلة نفخ موسيقية تتألف من أنبوب أجوف فيه ثقوب .

النبتونيوم NEPTUNIUM

عنصر كيميائي رمزه (نب) ووزنه الذرّي ٢٣٧ وهو ذو نشاط إشعاعيّ .

نجم ثنائيّ BINARY STAR

في علم الفلك : أحد نجمين متقاربين يدور مع النجم الآخر حول مركز جاذبية مشترك .

نجم قطبيّ POLAR STAR

في علم الفلك : أحد نجوم مجموعة الدبّ الأصغر .

النحاس COPPER

عنصر كيميائي رمزه (نح) ووزنه الذرّي ٦٣,٥٤ وهو بعد الفضّة أحسن موصّل للكهرباء .

نسبة RATIO

خارج قسمة مقدارين من نوع واحد يقاسان بالوحدة ذاتها .

نسبة التوالد BREEDING RATIO

في الفيزياء : عدد الذرّات القابلة للانشطار المتولّدة من تحطيم ذرّة .

نسبة السرعة VELOCITY RATIO

في الميكانيكا : نسبة السرعة في موصّل إلى السّرعة في الفراغ .

النسبيّة RELATIVITY

في الفيزياء : نظرية لأينشتين مفادها أن مرور الزمن ليس واحداً بالنسبة إلى مراقبين يتحرّك الواحد منهما بالنسبة إلى الآخر . وهي تقضي على فكرة المكان والزمان المطلقين .

النشاط البصريّ OPTICAL ACTIVITY

في الكيمياء والفيزياء : تأثير المادّة في دوران مستوى استقطاب الضوء .

نصف الكرة HEMISPHERE

خارطة تمثّل نصف الكرة الأرضيّة أو السماويّة .

النظام الاثنا عشريّ DUODECIMAL SYSTEM

في الحساب : نظام في العدّ قاعدته اثنتا عشرة .

نظام البدهيّات AXIOMATIC SYSTEM

في الفلسفة : مجموعة من المبادىء البسيطة المسلم بها تعتمد في التدليل الرياضي والعمليّ .

نظـام السنتيمتـر ـ الغـرام ـ الثـانية

CENTIMETER- GRAM- SECOND SYSTEM

نظام وحدات مبنيّ على السنتيمتر كوحدة للطول والغرام كوحدة للكتلة والثانية كوحدة للزمن .

النظام المتري METRIC SYSTEM

نظام عشريّ للأوزان والمقاييس مبنيّ على المتر والكيلوغرام .

النظريّة THEORY

مجموعة معارف تفسر بعض القضايا تفسيراً كاملاً كالنظريّة الذرّية مثلاً .

النظريّة THEOREM

في الرياضيات : قضيّة يتمّ البرهان عنها باستدلال منطقيّ انطلاقاً من معطيات ثابتة أو من فرضيّات يمكن تعليلها .

نظريّة بور BOHR THEORY

نظريّة في الكيمياء الفيزيائية تقول بأن الذرّة مؤلّفة من نواة موجبة الشحنة يدور حولها إلكترون أو أكثر .

النظريّة الذرّية ATOMIC THEORY

النظريّة القائلة بأن المادّة كلّها مؤلفة من ذرّات .

النظريّة الحركيّة KINETIC THEORY

نظريّة تقول بأنّ دقائق المادّة هي في حركة ناشطة .

نظريّة الكمّ QUANTUM THEORY

في الفيزياء : نظريّة تقول بأنّ عمليّة انبعاث أو امتصاص الطاقة من قبل الذرّات أو الجزيئات لا تتم على نحو متواصل ولكن على مراحل كلّ منها كناية عن ابتعاث أو امتصاص مقدار من الطاقة تدعى « الكم » .

النظير COUNTERPART

شخص أو شيء يشبه غيره شبهاً شديداً .

النعّارة GROWLER

في الكهرباء : أداة كهرطيسية تستخدم للمغنطة ولإزالة الخصائص المغناطيسيّة .

النفّاض CUMULUS

سحاب مؤلف من أكداس مدوّرة ذات قاعدة مسطّحة .

نقطة الارتكاز FULCRUM

في الفيزياء : نقطة ثابتة تكون مركزاً لحركة أو لحالة توازن .

نقطة الانصهار MELTING POINT

في الفيزياء : أدنى درجة حرارة ينقل عندها جسم من الحالة الجامدة إلى الحالة السائلة .

نقـطـة التجمّـد

POINT OF SOLIDIFICATION

في الفيزياء والكيمياء : درجة الحرارة التي يتجمد فيها جسم سائل أو مائع .

نقطة التجمد FREEZING POINT

في الفيزياء والكيمياء : درجة الحرارة التي يتجمد فيها جسم سائل أو مائع .

نقطة التقاطع

POINT OF INTERSECTION

في الرياضيات : النقطة التي يتقاطع فيها شكلان هندسيّان .

نقطة الرأس APHELION

في علم الفلك : أبعد نقطة في فلك سيّار عن الشمس .

نقطة الذنب PERIHELION

في علم الفلك : النقطة الأقرب إلى الشمس

في فلك سيّار أو مذنّب .

نقطة الغليان BOILING POINT

في الفيزياء والكيمياء : درجة الحرارة التي يبدأ فيها جسم سائل بالغليان .

نقطة اللقاء NODE

في علم الفلك : نقطة تقاطع مداري جرمين سماويين .

نقطة الندى DEW POINT

في الفيزياء : الحرارة التي عندها يبدأ البخار في التكاثف .

النقيض ANTIPODE

في الجغرافيا : الأجزاء الواقعة على الجهة المقابلة من الكرة الأرضية .

النّمر CIRROCUMULUS

سحاب مؤلّف من صفوف أو مجموعات من الغيوم الصغيرة الشبيهة بالصوف .

النواة NUCLEUS

في الفيزياء : الجزء المركزي من الذرّة المؤلّف من بروتونات ونيوترونات وفيه تتجمع كتلتها .

- في علم الفلك : الجزء المركزيّ من مذنب ، أو من كلف شمسي وهو أكثر الأجزاء ضياءً .

النوويّات NUCLEONICS

فرع من الفيزياء يبحث في جميع ظواهر نواة الذرّة .

النويدة NUCLIDE

في الفيزياء : ذرّة تتميز بتركيب نواتها الخاصّ وبالتالي بعدد بروتوناتها ونيوترو ناتها ومحتواها الطاقيّ .

النويّة NUCLEON

في الفيزياء : جزيء نوويّ أحاديّ العدد الكتلي كالبروتون والنيوترون .

النيتروجين NITROGEN

عنصر كيميائي رمزه (ن) ووزنه الذرّي ١٤,٠٠٦٧ وهو غاز عادم اللون والرائحة والطعم يدخل في تركيب الهواء وهو أحد العناصر الضرورية لحياة الحيوانات والنباتات.

نيزك METEOR

في علم الفلك : ظاهرة تحدث في الجوّ.

النيكل NICKEL

عنصر كيميائي رمزه (نك) ووزنه الذرّي ٥٨,٧١ وهو معدن مائل إلى البياض كثير الطواعيّة والقساوة كثير الاستعمال في الصناعة .

النيوترون NEUTRON

في الفيزياء والكيمياء : جسيم محايد كهربائيّاً يؤلف مع البروتونات نواة الذرّة .

النيوترينو NEUTRINO

في الكيمياء : دقيقة ذرّية متعادلة دون الالكترون كتلة .

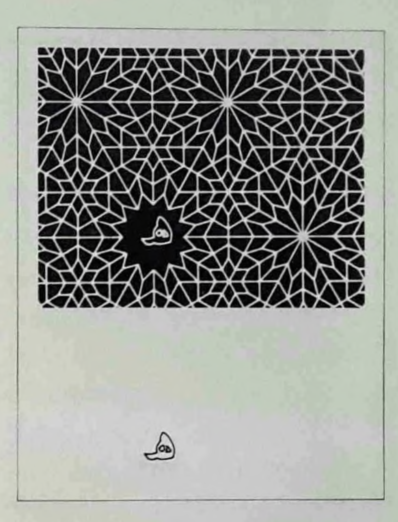
النيوتن NEWTON

في الفيزياء : وحدة قوّة في النظام المتر كيلوغرام ثانية تساوي ١٠٠٠٠٠ داين .

النيون NEON

عنصر كيميائي رمزه (ني) ووزنه ٢٠,١٨٣ وهو غاز نادر يستعمل في الإضاءة.





الهالة HALO

في علم الفلك : دائرة القمر ، وهي دائرة مضيئة تحيط بالقمر ناجمة عن انكسار الضوء الذي يخترق بلّورات الجليد العالقة في الغيوم العالية وهي كالطفاوة لدائرة الشمس.

الهالوجين HALOGENE

في الكيمياء : اسم يطلق على العناصر الكيميائية من فئة الكلور .

الهرم PYRAMID

في الرياضيّات : جسم كثير السطوح أحد أوجهه مضلّع وأوجهه الأخرى مثلثات قواعدها أضلاع هذا المضلّع ورؤوسها مجتمعة في نقطة واحدة خارجة عنه .

الهرمونيكا MOUTH ORGAN

آلة موسيقيّة صغيرة تحدث الصوت فيها ألسنة معدنيّة تهتزّ بالشهيق وبالزفير .

هكتار HECTARE

قياس مساحيّ يساوي ١٠٠ آر أو هكتو مترا مرّبعاً أو عشرة آلاف متر مربّع

هكتوليتر HECTOLITRE

قياس سعة يساوي ١٠٠ ليتر

هكتومتر HECTOMETRE

قياس طول يساوي ١٠٠ متر

الهندسة GEOMETRY

علم رياضّي موضوعه الدراسة الدقيقة للفراغ والأشكال التي يمكن تصوّرها فيه .

الهندسة ENGINEERING

فن البناء والهندسة المائيّة فنّ بناء والسفن .

الهندسة البدائيّة ELEMENTARY GEOMETRY

فرع من الهندسة لا يستعمل الإحداثّيات ويعنى بدراسة المستقيم والدائرة وبعض المجسمّات .

الهندسة التحليليّة ANALYTIC GEOMETRY

دراسة الأشكال بواسطة الجبر وباستعمال الإحداثّيات .

الهندسة التطبيقيّة

PRACTICAL ENGINEERING

فن الإفادة من المبادىء والأصول العلميّة في بناء الأشياء وتنظيمها وتقويمها وهي أنواع لكلّ نوع منها غرض معيّن كالهندسة الآلية والهندسة الكهربائيّة والهندسة المائيّة والهندسة المعماريّة وغيرها .

الهندسة الفراغيّة GEOMETRY OF SPACE

هندسة تطابق تصوّرنا الحدسيّ للفراغ وتقتضي ثلاثة أبعاد الطول والعرض والعمق .

الهندسة المستوية PLANE GEOMETRY

فرع من الهندسة يعنى بدراسة الأشكال على مستوٍ مسطّح .

الهوائيّ ANTENNA

في الراديو : موصّل معدنيّ يمكّن من بث موجات كهرطيسيّة أو من استقبالها .

الهوائيّ الاتجاهي DIRECTIONAL ANTENNA

في الفيزياء : هوائيّ معدّ لتحديد الجهة التي تقبل منها الإشارات الملتقطة أو لإرسال الإشارات في اتجاه واحد فقط .

الهيبرونات HYPERONS

في الفيزياء : جسيمات نوويّة اثقل من النيوترونات وأخف من البروتونات .

الهيدروجين HYDROGEN

عنصر كيميائي رمزه (يد) ووزنه الذرّي ١,٠٠٧٩٧ وهو غاز شديد الاحتراق لا لون له ولا طعم ولا رائحة يوجد في الماء متحداً مع الاكسجين وفي جميع المواد العضويّة .

هيدروديناميّات HYDRODYNAMICS

علم يدرس القوانين التي تخضع لها حركة السوائل كما يدرس المقاومة التي تبديها الأجسام التي تتحرّك بالنسبة لها .

الهيدروستات HYDROSTAT

في الفيزياء : جهاز يمنع تضرّر المرجل بتحديد انخفاض الماء .

هيدروستاتي HYDROSTATIC (AL)

خاصّ بتوازن السوائل وضغطها .

الهيدروستاتيكا HYDROSTATICS

علم توازن الموائع وضغطها .

الهيدرولوجيا HYDRLOGY

علم المياه وهو علم يبحث في خصائص المياه وظهورها وتوزّعها فوق سح الأرض وفي التربة وتحت الصخور وفي الجوّ .

الهيدروليّات HYDRAULICS

علم السوائل المتحرّكة .

الهيليوم HELIUM

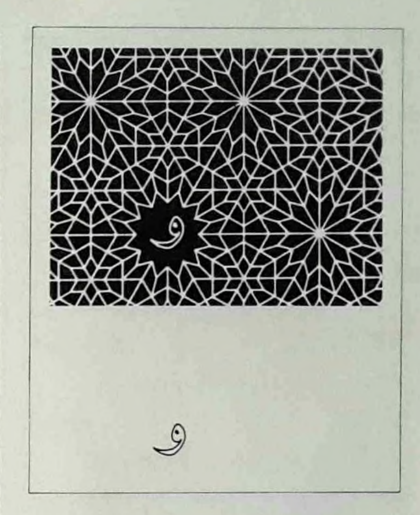
عنصر كيميائي رمزه (هـ) ووزنه الذرّي ٤,٠٠٢٦ . وهو غاز يوجد بكميّات ضئيلة في الهواء وهو خفيف سهل الاحتراق يستعمل لنفخ المناطيد .

الهيئة CONFIGURATION

في علم الفلك : الوضع أو المظهر النسبي للاجرام السماوية .

في الكيمياء : الوضع النسبي للذرّات في جزيء .





واصل التلامس CONTACT MAKER

في الكهرباء : أداة لوصل التيّار الكهربائي أو لوصله وقطعه بصورة أوتوماتيكية .

الواط WATT

في الفيزياء : وحدة الطاقة الكهربائية .

واقيه الريح WINDSCREEN, WINDSHIELD

الحاجب الزجاجي الذي يقي سائق السيّارة من الريح .

الوتر CORD

في الرياضيات : جزء من مستقيم يصل بين طرفي قوس دائرة أو أي منحن كان .

وتر المثلث القائم الزاوية HYPOTENUSE

الضلع المقابل للزاوية القائمة في مثلّث قائم الزاوية (مربّع الوتر يساوي مجموع مربعَي الضلعين الآخرين) .

الوجه PHASE

في علم الفلك : كلّ من المظاهر التي يبدو لنا فيها سيار بتعاقب خلال مدّة دورانه . كأوجه القمر .

الوحدة الحرارية البريطانية

BRITISH THERMAL UNIT

مقدار الحرارة اللازم لرفع حرارة باوند واحد من الماء درجة فارنايت واحدة .

ورم TUMOR

زيادة الحجم في جزء من نسيج أو في عضو نتيجة لتزايد الخلايا وهو نوعان الورم الهين والورم الخبيث كالسرطان .

الوريد VEIN

في علم التشريح : وعاء أنبوبي يعيد الدم أو الليمفا الى القلب لتنقيته .

الوزن الذرّي ATOMIC WEIGHT

في الفيزياء : الوزن النسبي لذرّات مختلف العناصر باعتبار وزن الهيدروجين ١ اصطلاحاً .

وصلة كردان CARDAN JOINT

في الميكانيكا : وصلة عامّة الحركة .

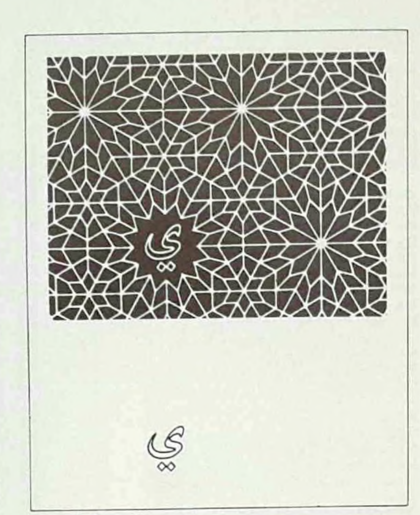
وصليّة الدفق FLUX LINKAGE

في الهندسة الكهربائية : حاصل ضرب عدد خطوط الدفق المغناطيسي في عدد لفّات الدارة .

الوقود FUEL

في الكيمياء : مادة قابلة للاحتراق تستعمل في المحرّكات ذات الانفجار أو ذات الاحتراق الدّاخلي .





الياردة

YARD

وحدة لقياس الطول تعادل ٣ أقدام أو ٣٦ إنشاً أو ٩١,٤٦ سنتيمتراً .

اليود

IODINE

عنصر كيميائي رمزه (ي) ووزنه الذرّي ١٢٦,٩٠٤٤ لونه رماديّ ضارب إلى الزرقة تتصاعد منه عند تسخينه أبخرة رماديّة وهو ينحل في الكحول ويستعمل لتطهير الجروح .

اليورانيوم

URANIUM

عنصر كيميائي رمزه (يو) ووزنه الذرّيّ ٢٣٨,٠٣ وهو معدن قليل الاشعاعيّة لكن ذرّته عندما تنشطر تحرر طاقة هائلة .

اليوروبيوم

EUROPIUM

عنصر كيميائي رمزه (يـو) ووزنه الذرّي ١٥١,٩٦ يوجد في الأراضي النادرة .

اليوم الشمسي

SOLAR DAY

في علم الفلك : مسافة من الوقت تقع بين عبورين متتالين للشمس في هاجرة نقطة ما .



الرسوم :

Art Editors
Angela Downing; George Glaze; James Marks; Mel Peterson; Ruth Prentice; Bob Scott

Visualizers
David Aston; Javed Badar; Allison Blythe; Angela Braithwaite; Alan Brown; Michael Burke; Alistair Campbell; Terry Collins; Mary Ellis; Judith Escreet; Albert Jackson; Barry Jackson; Ted Kindsey; Kevin Maddison; Erika Mathlow; Paul Mundon; Peter Nielson; Patrick O'Callaghan; John Ridgeway; Peter Saag; Malcolme Smythe; John Stanyon; John Stewart; Justin Todd; Linda Wheeler

Artists
Stephen Adams; Geoffrey Alger; Terry Allen; Jeremy Alsford; Frederick Andenson; John Arnold; Peter Arnold; David Ashby; Michael Badrock; William Baker; John Barber; Norman Barber; Arthur Barvoso; John Batchelor; John Bavosi; David Baxter; Stephen Bernette; John Blagovitch; Michael Blore; Christopher Blow; Roger Bourne; Alistair Bowtell; Robert Brett; Gordon Briggs; Linda Broad; Lee Brooks; Rupert Brown; Marilyn Bruce; Anthony Bryant; Paul Buckle; Sergio Burelli; Dino Bussetti; Patricia Casey; Giovanni Casselli; Nigel Chapman; Chensie Chen; David Chisholm; David Cockcroft; Michael Codd; Michael Cole; Gerry Collins; Peter Connelly; Roy Coombs; David Cox; Patrick Cox; Brian Cracker; Gordon Cramp; Gino D'Achille; Terrence Daley; John Davies; Gordon C. Davis; David Day; Graham Dean; Brian Delf; Kevin Diaper; Madeleine Dinkel; Hugh Dixon; Paul Draper; David Dupe; Howard Dyke; Jennifer Eachus; Bill Easter; Peter Edwards; Michael Ellis; Jennifer Embleton; Ronald Embleton; Ian Evans; Ann Evens; Lyn Evens; Peter Fitzjohn; Eugene Flurey; Alexander Forbes; David Carl Forbes; Chris Fosey; John Francis; Linda Francis; Sally Frend; Brian Froud; Gay Galfworthy; Ian Garrard; Jean George; Victoria Goaman; David Godfrey; Miriam Golochoy; Anthea Gray; Harold Green; Penelope Greensmith; Vanna Haggerty; Nicholas Hall; Horgrave Hans; David Hardy; Douglas Harker; Richard Hartwell; Jill Havergale; Peter Hayman; Ron Haywood; Peter Henville; Trevor Hill; Garry Hinks; Peter Hutton; Faith Jacques; Robin Jacques; Lancelot Jones; Anthony Joyce; Pierre Junod; Patrick Kaley; Sarah Kensington; Don Kidman; Harold King; Martin Lambourne; Ivan Lapper; Gordon Lawson; Malcolm Lee-Andrews; Peter Levaffeur; Richard Lewington; Brian Lewis; Ken Lewis; Richard Lewis; Kenneth Lilly; Michael Little; David Lock; Garry Long; John Vernon Lord; Vanessa Luff; John Mac; Lesley MacIntyre; Thomas McArthur; Michael McGuinness; Ed McKenzie; Alan Male; Ben Manchipp; Neville Mardell; Olive Marony; Bob Martin; Gordon Miles; Sean Milne; Peter Mortar; Robert Morton; Trevor Muse; Anthony Nelthorpe; Michael Neugebauer; William Nickless; Eric Norman; Peter North; Michael O'Rourke; Richard Orr; Nigel Osborne; Patrick Oxenham; John Painter; David Palmer; Geoffrey Parr; Allan Penny; David Penny; Charles Pickard; John Pinder; Maurice Pledger; Judith Legh Pope; Michael Pope; Andrew Popkiewicz; Brian Price-Thomas; Josephine Rankin; Collin Rattray; Charles Raymond; Alan Rees; Ellsie Rigley; John Ringnall; Christine Robbins; Ellie Robertson; James Robins; John Ronayne; Collin Rose; Peter Sarson; Michael Saunders; Ann Savage; Dennis Scott; Edward Scott-Jones; Rodney Shackell; Chris Simmonds; Gwendolyn Simson; Cathleen Smith; Lesley Smith; Stanley Smith; Michael Soundels; Wolf Spoel; Ronald Steiner; Ralph Stobart; Celia Stothard; Peter Sumpter; Rod Sutterby; Allan Suttie; Tony Swift; Michael Terry; John Thirsk; Eric Thomas; George Thompson; Kenneth Thompson; David Thorpe; Harry Titcombe; Peter Town; Michael Trangenza; Joyce Tuhill; Glenn Tutssel; Carol Vaucher; Edward Wade; Geoffrey Wadsley; Mary Waldron; Michael Walker; Dick Ward; Brian Watson; David Watson; Peter Weavers; David Wilkinson; Ted Williams; John Wilson; Roy Wiltshire; Terrence Wingworth; Anne Winterbotham; Albany Wiseman; Vanessa Wiseman; John Wood; Michael Woods; Owen Woods; Sidney Woods; Raymond Woodward; Harold Wright; Julia Wright

Studios
Add Make-up; Alard Design; Anyart; Arka Graphics; Artec; Art Liaison; Art Workshop; Bateson Graphics; Broadway Artists; Dateline Graphics; David Cox Associates; David Levin Photographic; Eric Jewel Associates; George Miller Associates; Gilcrist Studios; Hatton Studio; Jackson Day; Lock Pettersen Ltd; Mitchell Beazley Studio; Negs Photographic; Paul Hemus Associates; Product Support Graphics; Q.E.D. [Campbell Kindsley]; Stobart and Sutterby; Studio Briggs; Technical Graphics; The Diagram Group; Tri Art; Typographics; Venner Artists

Agents
Artist Partners; Freelance Presentations; Garden Studio; Linden Artists; N.E. Middletons; Portman Artists; Saxon Artists; Thompson Artists

✻ المقدمة :
مــدخل

Sir Alan Cottrell, FRS.
Master of Jesus College,
University of Cambridge

Michael Holford; [7] Michael Holford; [9] John Webb/Trustees of the Tate Gallery. **216–17** [Key] Michael Holford/British Museum; [1] Bodleian Library, Oxford; [2] Isobel Bennett/Natural Science Photos; [3] William MacQuitty; [4] Source unknown; [5] Cooper Bridgeman; [6] Photri; [7] Topkapi Museum. **218–19** [Key] Scala; [1] Van Phillipps/ZEFA; [2] Angelo Hornak; [3] Angelo Hornak; [4] Transworld; [5] Courtauld Institute Galleries, London; [6] National Gallery; [7] Scala. **220–1** [Key] Photoresources/British Museum; [1] Middle East Archives; [2] Middle East Archives; [3] Michael Holford; [5] Ann & Bury Peerless; [6] Werner Forman Archives; [7] Photoresources; [9] William MacQuitty. **222–3** [Key] Middle East Archives; [1] Hamlyn Group Picture Library; [2] National Gallery; [3] Ann & Bury Peerless; [4] Michael Holford; [5] Werner Forman Archive; [6] Werner Forman Archive; [7] Michael Holford. **224–5** [Key] Mansell Collection; [1] Angelo Hornak/V & A; [2] Photri; [3] Phillip Daly; [4] Camera Press; [5] Mike Peters; [6] Camera Press; [7] Camera Press. **226–7** [Key] Mansell Collection; [2] Mary Evans Picture Library; [8] Mary Evans Picture Library. **228–9** [Key] Mary Evans Picture Library; [2] Popperfoto. **230–1** [Key] Scala; [1] Bodleian Library; [3] Mary Evans Picture Library; [6] Cooper Bridgeman; [7] Mary Evans Picture Library; [8A] Mary Evans Picture Library; [8B] Popperfoto. **234–5** [Key] Mary Evans Picture Library; [1A] Giraudon/Louvre; [1B] Bodleian Library, Oxford; [3] Popperfoto; [4] Mary Evans Picture Library; [5] Mary Evans Picture Library; [6] Mansell Collection; [7] Mary Evans Picture Library. **236–7** All photographs from Paul Ekman & Wallace V. Freisen's *Unmasking the Face*. **238–9** [Key] Popperfoto; [3A, B, C] Copyright © 1973 Ziff-Davis Publishing Company. Reprinted by permission of *Psychology Today* magazine. **244–5** [2] Michael Holford. **246–7** [Key] Trustees of the British Museum; [1] Trustees of the British Museum; [2] The British Library; [3] Ronald Sheridan; [4] Photoresources; [5B] Photoresources; [6] Trustees of the British Museum; [7] Bodleian Library, Oxford; [8] Trustees of the British Museum; [9] Bodleian Library, Oxford; [10A] Michael Holford/British Museum; [10B] Source unknown/photo Geoff Goode; [10C] Bodleian Library, Oxford; [10D] Michael Holford/Musee Jacquemart-Andre; [11] No credit. **248–9** [Key] Mary Evans Picture Library; [2] Werner Forman Archive; [3] Radio Times Hulton Picture Library; [4] Mary Evans Picture Library; [5] Mary Evans Picture Library; [7] John Moss/Colorific. **250–1** [Key] Bob Van Doren/Courtesy CRM/Random House; [1] Clem Haagner/Ardea Photographics; [2] Picturepoint; [3] Ronald Sheridan. **252–3** [1A] Camera Press; [1B] Picturepoint; [2] Peter Fraenkel; [3] Russell Ryman. **254–5** [Key] Camera Press; [2] Spectrum Colour Library; [3] P. Conklin/Colorific; [4] Tony Morrison; [5] Tony Morrison; [7] Jeffrey Craig/Robert Harding Associates; [8] Peter Ibbotson/Robert Harding Associates; [9] Ron Boardman. **256–7** [Key] Prof. C. Haimandorf. **258–9** [Key] David Moore/Colorific; [2] Karl Wittfogel; [3] Picturepoint; [4] Institute of Archaelogy; [7] Radio Times Hulton Picture Library; [8] Werner Forman Archive. **260–1** [Key] Mansell Collection; [2] Ronan Picture Library; [3] Mary Evans Picture Library; [4] Radio Times Hulton Picture Library; [5] Mansell Collection; [6] Picturepoint; [7] Mansell Collection; [8] Werner Forman Archive; [9] Mary Evans Picture Library. **262–3** [Key] Popperfoto; [4] Punch Publications Ltd; [7] Kim Sayer. **264–5** [1] Popperfoto; [2] Mansell Collection; [3] Spectrum Colour Library; [4] Keystone Press; [5] Spectrum Colour Library; [6] Alfredo Zennaro; [7] David Strickland. **266–7** [2] Mrs Alfred Schutz; [3] Punch Publications Ltd; **268–9** [Key] Popperfoto; [1] R & M Borland/Bruce Colman Ltd; [2] Ray Green; [3] Mansell Collection; [4] Mansell Collection; [5] Mansell Collection; [6] Associated Press; [7] Towers of London/National Film Archive; [8] Marc Riboud/Magnum. **270–1** [Key] Camera Press; [1] Bettmann Archive; [5] Gary Yanker/*Prop Art*/Darien House Inc; [6] Popperfoto. **272–3** [Key] Picturepoint; [5] Mary Evans Picture Library; [6] Camera Press; [7] Mary Evans Picture Library; [8] Mary Evans Picture Library; [9] Bill Angove/Colorific. **274–5** [1] Popperfoto; [6] Popperfoto. **276–7** [Key] Barnabys Picture Library; [6A] Popperfoto; [8] Popperfoto. **278–9** [Key] Mansell Collection; [2] Sally & Richard Greenhill; [3] Keystone Press; [4] Photri; [6] Popperfoto; [7] Mansell Collection; [8] Popperfoto; [9] Associated Press. **282–3** [Key] Spectrum Colour Library; [2] Marshall Cavendish Picture Library/Bodleian Library, Oxford; [3] Mary Evans Picture Library; [5] Mary Evans Picture Library; [6] Mary Evans Picture Library; [7] Mary Evans Picture Library. **284–5** [2] Spectrum Colour Library; [4] Bill Eppridge/Life Magazine © Time Inc. 1976 Colorific; [5] Popperfoto; [6] Keystone Press; [7] Picturepoint. **286–7** [2] Mary Evans Picture Library; [3] Camera Press. **288–9** [Key] Bodleian Library, Oxford; [4] Tony Ray Jones/Magnum; [5] Mansell Collection. **290–1** [2] Popperfoto; [3] John Frost Newspaper Collection; [4] Popperfoto; [6] Camera Press; [7] Camera Press; [8] Camera Press; [9] Popperfoto. **292–3** [Key] Western Americana; [1] Mary Evans Picture Library; [2] Jacques Penry, Inventor; [3] Mansell Collection; [4] Keystone Press; [5] Daily Telegraph Colour Library; [6] Camera Press; [7] David Strickland/courtesy Security Express. **296–7** [Key] Sean McConville; [10] Sean McConville; [12] Bettmann Archive; [13] David Strickland. **300–1** [2] Spectrum Colour Library; [3] Volvo Concessionaries Ltd. **304–5** [Key] Spectrum Colour Library; [1] Picturepoint; [2] Spectrum Colour Library; [3] Spectrum Colour Library; [4] Spectrum Colour Library; [5] Colorsport; [6] Picturepoint; [7] Source unknown; [8] Colorsport; [9] Spectrum Colour Library; [10] Picturepoint. **308–9** [Key] Camera Press. **310–3** [Key] Picturepoint; [6] Daily Telegraph Colour Library. **314–5** [Key] A. Clifton/Colorific; [2] Picturepoint. **316–7** [6] Spectrum Colour Library; [7] C.O.I.

Picturepoint. **118–19** [Key] Kim Sayer; [4] Photri; [5] Kim Sayer; [7] Vautier-Decool. **120–1** [Key] ICI Pharmaceuticals; [2A] Mansell Collection; [2B]Mansell Collection; [2C] Popperfoto; [5] Popperfoto; [6] Picturepoint; [7] Keystone Press; [8] Kim Sayer. **122–3** [Key] Picturepoint; [1] Photri; [2] Marcus Brooke/Colorific; [4] Courtesy of Thomas Y. Crowell Inc; [5] Source unknown; [6] Source unknown; [7] Graeme French. **124–5** [Key] Ronan Picture Library; [4] Dept. of Medical Photography/Barts Hospital; [5] E.M.I.; [7] E.M.I. **126–7** [4] Robert Hunt Library/Imperial War Museum; [6] Daily Telegraph Colour Library. **130–1** [6A, 6E] supplied by N. J. Chipping; all other photographs by Peter Hurst. **132–3** [Key] Kim Sayer. **134–5** [Key] Robert Hunt Library. **136–37**[Key] Mansell Collection; [1] Museum of Archaeology & Ethnology, Cambridge University; [2] Mansell Collection; [3] Scala; [4] Mansell Collection; [5] Mary Evans Picture Library; [6] Mansell Collection; [8A] International Society for Educational Information, Tokyo. **138–9** [Key] National Gallery of Art, Washington/Rosenwald Collection. **140–1** [Key] Mansell Collection. **142–3** [Key] Nick Hedges/NSMHC; [1B] Stern Archiv; [3] Mary Evans Picture Library. **144–5** [Key] Ronan Picture Library/E. P. Goldschmidt & Co Ltd; [6] Popperfoto. **146–7** [1] Mansell Collection; [5] Alfred A. Knopf. **150–1** [Key] Kim Sayer. **154–5** [Key] Kim Sayer. **156–7** [Key] Kim Sayer; [1] Kim Sayer; [2] David Strickland; [5] David Strickland; [6] David Strickland; [7] David Strickland. **158–9** [Key] Spectrum Colour Library; [5] Rex Features; [6] David Strickland. **160–1** [Key] Kim Sayer. **164–5** [Key] David Hurn/Magnum; [4] PAF International; [5] Rex Features; [6] Ray Green; [7] F. Paul/ZEFA. **166–7** [Key] Mansell Collection; [1] Colin Maher; [2] Kobal Collection; [3] Osterreichische Galerie/Fotostudio Otto; [4] Angelo Hornak/V & A; [5] Picturepoint; [6] PAF International; [7] Kim Sayer; [8] Kim Sayer. **168–9** [Key] Cooper Bridgeman/Kunst Historisches Museum, Vienna; [1] Mary Evans Picture Library; [2] Keystone Press; [3] National Gallery; [5] Popperfoto; [6] Daily Telegraph Colour Library; [7] Popperfoto; [8] Popperfoto. **170–1** [Key] Picturepoint. **172–3** [Key] Geoff Goode. **174–5** [Key] Werner Neumeuster. **178–9** [Key] Popperfoto; [5] Staat Museen Preussischer Kulturbesitz Gemaldegalerie. **180–1** [Key] Associated Press; [3] Photoresources; [4] Mansell Collection; [5] P.Thiele/ZEFA; [6] No credit; [7A] No credit; [7B] No credit. **182–3** [Key] Popperfoto; [1] Popperfoto; [2] Camera Press; [3] Camera Press; [4] Camera Press; [5] Transworld; [6] Camera Press. **184–5** [Key] David Strickland; [1] Cooper Bridgeman; [2] Graeme French; [3] Mansell Collection; [4] Picturepoint; [5] Mary Evans Picture Library; [6] Spectrum Colour Library; [7] Scala; [8] Cooper Bridgeman/National Gallery, Scotland; [9] Mary Evans Picture Library. **186–7** [1] The Cavalry Club; [2] Mary Evans Picture Library; [3] Giraudon/Louvre; [4] A. F. Kersting; [6] David Hughes/Bruce Coleman Ltd; [7] Mary Evans Picture Library; [8] Source unknown. **188–9** [1A, B, C, D] Zentralbibliothek, Zurich. **190–1** [Key] Imperial War Museum; [1] Robert Hunt Library; [2] United Society for the Propagation of the Gospel/Weidenfeld & Nicolson; [3] Photri; [4] Picturepoint; [5] Picturepoint; [6] Cooper Bridgeman; [7] John Webb/Trustees of the Tate Gallery. **192–3** [1A] Mary Evans Picture Library; [1B] Mary Evans Picture Library; [1C] Popperfoto; [3] J. Bitsch/ZEFA; [5] The Frick Collection; [6] O. Luz/ZEFA; [7] R. Scutt & C. Gotch from *Skin Deep*/ Japanese Tattoo Club; [9] Dr. J. V. Basmajian/Emory University. **194–5** [Key] Monitor; [6] V. Wentzel/ZEFA; [7] SRM Foundation of Great Britain. **196–7** [Key] Ronan Picture Library; [1] Picturepoint; [2] Mary Evans Picture Library;; [4] Mary Evans Picture Library; [5] Mary Evans Picture Library; [6] Mary Evans Picture Library; [7] Popperfoto; [8] Psychic News; [9] David Strickland. **198–9** [1] Ronan Picture Library; [2] Foundation for the Research of Man; [3B] Janet Mitchell; [5B] Janet Mitchell; [6A, B, C] Paraphysical Laboratory, Downton, Wiltshire; [8] Ben Martin/Colorific. **200–1** [2] Source unknown. **202–3** [Key] Popperfoto; [2] R. M. Bloomfield/Ardea Photographics; [3] David Strickland; [4] F. Walther/ZEFA; [5] Ron Boardman; [6] Sonia Halliday; [8] Keystone Press; [9] Picturepoint. **204–5** [Key] Spectrum Colour Library; [2] John Moss/Colorific; [3] M. Bloch; [4] Sybil Sassoon/Robert Harding Associates; [6] Mirella Ricciardi/Bruce Coleman Ltd. **206–7** [Key] Source unknown; [3] Angelo Hornak; [4] Josephine Powell; [6] Photorescources; [7] Michael Holford; [8] Werner Forman Archive. **208–9** [Key] Giraudon, Musée Condé, Chantilly; [1] Statens Museum fur Kunst; [2] John Freeman & Co, [3] Giraudon; [4] Museum of Fine Arts, Boston; [5] Photoresources; [6] Michael Holford/British Museum; [7] Axel Poignant; [8] Axel Poignant; [9] Photorescourses; [10] Michael Holford/British Museum; [11] Scala. **210–11** [Key] Giraudon/Museé Condé, Chantilly; [1] Photoresources; [2] Photoresources; [3] Cooper Bridgeman/Louvre; [4] Werner Forman Archive; [5] Photoresources; [6] Angelo Hornak/British Museum; [7] Angelo Hornak/British Museum; [8] Werner Forman Archive; [9] National Gallery. **212–13** [Key] Giraudon/Musée Condé, Chantilly; [1] Michael Holford/British Museum; [2] Photoresources/Louvre; [3] Michael Holford/Horniman Museum; [5] Source unknown; [6] Michael Holford/ Bardo Museum; [7] Michael Holford/V & A; [8] Michael Holford/British Museum; [9] Ann & Bury Peerless/Baroda Museum. **214–15** [Key] Telarci-Giraudon/Musée Condé, Chantilly; [1] Michael Holford/British Museum; [2] Merseyside County Museum; [3] Michael Holford; [4] Trevor Wood/Ranworth Church Council/Norwich Castle Museum; [5] Freiburg Augustine Museum; [6]

هيئة تحرير
بهجة المعرفة
تتوجه بالشكر إلى :

Nicolas Bentley
Bill Borchard
Adrianne Bowles
Yves Boisseau
Irv Braun
Theo Bremer
the late Dr Jacob Bronowski
Sir Humphrey Browne
Barry and Helen Cayne
Peter Chubb
William Clark
Sanford and Dorothy Cobb
Alex and Jane Comfort
Jack and Sharlie Davison
Manfred Denneler
Stephen Elliott
Stephen Feldman
Orsola Fenghi
Dr Leo van Grunsven
Jan van Gulden
Graham Hearn
the late Raimund von Hofmansthal
Dr Antonio Houaiss
the late Sir Julian Huxley
Alan Isaacs
Julie Lansdowne
Andrew Leithead
Richard Levin
Oscar Lewenstein
The Rt Hon Selwyn Lloyd
Warren Lynch
Simon macLachlan
George Manina
Stuart Marks
Bruce Marshall
Francis Mildner
Bill and Christine Mitchell
Janice Mitchell
Patrick Moore
Mari Pijnenborg
the late Donna Dorita de Sa Putch
Tony Ruth
Dr Jonas Salk
Stanley Schindler
Guy Schoeller
Tony Schulte
Dr E. F. Schumacher
Christopher Scott
Anthony Storr
Hannu Tarmio
Ludovico Terzi
Ion Trewin
Egil Tveteras
Russ Voisin
Nat Wartels
Hiroshi Watanabe
Adrian Webster
Jeremy Westwood
Harry Williams
the dedicated staff of MB Encyclopaedias who created this *Library* and of MB Multimedia who made the IVR Artwork Bank.

الصور :

Every endeavour has been made to trace copyright holders of photographs appearing in *The Joy of Knowledge*. The publishers apologize to any photographers or agencies whose work has been used but has not been listed below.

Credits are listed in this manner: [1] page numbers appear first, in bold type; [2] illustration numbers appear next, in parentheses; [3] photographers' names appear next, followed where applicable by the names of the agencies representing them.

16–17 Okamura/T.L.P.A. © Time Inc. 1976/Colorific. **18** W. Braun/ZEFA. **19** Farrell Greham/Susan Griggs Picture Agency. **24–5** [2] Aubrey Singer/BBC/Robert Harding Associates; [4] British Museum [Natural History]. **28–9** [Key] Mark Edwards. **36–7** [Key] Photri; [2] Daily Telegraph Colour Library; [3] Ron Boardman; [4] Gene Cox; [5] C. James Webb; [6] Ron Boardman. **44–5** [Key] Photri. **46–7** [1] Courtesy of Bell Telephone Laboratories. **52–3** [Key] Mike Busselle; [6] ZEFA. **70–1** [6A] Westminster Medical School; [6B] Dept. of Human Nutrition, London School of Hygiene & Tropical Medicine; [6C] Dept. of Human Nutrition, London School of Hygiene & Tropical Medicine; [6D] Peter Hansell/Westminster Medical School; [6E] Dept. of Human Nutrition, London School of Hygiene & Tropical Medicine; [6F] Dept. of Human Nutrition, London School of Hygiene & Tropical Medicine; [7] No credit; [8] David Strickland; [9] Ralph Morse © Time Magazine 1975/Colorific. **80–1** [Key] Mansell Collection; [5] Transworld; [6] Transworld. **82–3** [Key] Mary Evans Picture Library; [1] Mary Evans Picture Library; [2] Mary Evans Picture Library; [4] Mary Evans Picture Library; [5] Mary Evans Picture Library; [6] Mansell Collection; [7] Mary Evans Picture Library; [8] Mansell Collection. **84–5** [Key] Radio Times Hulton Picture Library; [1] Chris Steele-Perkins; [3] Keystone Press; [4A] C. James Webb; [4B] C. James Webb; [4C] C. James Webb; [4D] C. James Webb; [4E] Ron Boardman; [4F] C. James Webb. **86–7** [Key] Glaxo; [3A] Prof. Werner Wright; [3B] Prof. Werner Wright; [5] Institute of Dermatology; [7] Ken Moreman. **88–9** [4A] Picturepoint; [4B] Sally & Richard Greenhill; [4C] C. James Webb; [4D] C. James Webb; **90–1** [7] Dept. of Photography/University of Newcastle upon Tyne. **92–3** [2A] Dr Tonkin/Endoscopy Unit, Westminster Hospital; [2B] Dr Tonkin/Endoscopy Unit, Westminster Hospital; [3] C. James Webb; [7] C. James Webb. **94–5** [Key A] C. James Webb; [Key B] C. James Webb; [2] C. James Webb; [7] C. James Webb. **96–7** [1A, B, C,] Transport & Road Research Laboratory; [2] Dr Stepanek/ZEFA; [4] Mike Hardy/Marshall Cavendish Picture Library; [6] C. Henneghein/Bruce Coleman Ltd; [7] Mary Evans Picture Library. **98–9** [2] Picturepoint; [4] Institute of Dermatology; [9] Chris Steele-Perkins; [11] Institute of Dermatology; [12] Picturepoint. **100–1** [Key] Leicester Museum & Art Galleries; [3] Syndication International; [4] Prof. Orsi/University of Geneva Medical School; [8] Mike Ricketts. **102–3** [3] Picturepoint; [5E] C. James Webb. **103–4** [Key] Western Americana. **106–7** [3] C. James Webb; [8] Picturepoint; [10] C. James Webb. **108–9** [7] Dr E. H. Brown; [8] Picturepoint; [9] Picturepoint. **110–11** [Key] Mary Evans Picture Library; [2] Photri; [3] Kim Sayer; [4] Meat & Livestock Commission; [5] Barnabys Picture Library; [6] Bill Holden; [7] Kim Sayer; [9] Picturepoint; [10] Keystone Press; [11] Kim Sayer. **112–13** [2] Spectrum Colour Library; [3] The Wellcome Foundation Ltd; [5] David Strickland; [7A] Ken Moreman; [7B] Ken Moreman; [9] David Strickland. **116–17** [2] Graeme French; [4] Graeme French; [5] Mary Evans Picture Library; [6] H. Schumacher/ZEFA; [9]

BSc(Econ, London); Gordon Daniels BSc(Econ, London), DPhil(Oxon); George Darby BA; G.J. Darwin; Dr David Delvin; Robin Denselow BA; Professor Bernard L. Diamond; John Dickson; Paul Dinnage MA; M.L. Dockrill BSc(Econ), MA, PhD; Patricia Dodd BA; James Dowdall; Anne Dowson MA(Cantab); Peter M. Driver BSc, PhD, MIBiol; Rev Professor C.W. Dugmore DD; Herbert L. Edlin BSc, Dip in Forestry; Pamela Egan MA(Oxon); Major S.R. Elliot CD, BComm; Professor H.J. Eysenck PhD, DSc; Dr Peter Fenwick BA, MB, BChir, DPM, MRCPsych; Jim Flegg BSc, PhD, ARCS, MBOU; Andrew M. Fleming MA; Professor Antony Flew MA(Oxon), DLitt(Keele); Wyn K. Ford FRHistS; Paul Freeman DSc(London); G.E. Fussell DLitt, FRHistS; Kenneth W. Gatland FRAS, FBIS; Norman Gelb BA; John Gilbert BA(Hons, London); Professor A.C. Gimson; John Glaves-Smith BA; David Glen; Professor S.J. Goldsack BSc, PhD, FINSTP, FBCS; Richard Gombrich MA, DPhil; A.F. Gomm; Professor A. Goodwin MA; William Gould BA(Wales); Professor J.R. Gray; Christopher Green PhD; Bill Gunston; Professor A. Rupert Hall LittD; Richard Halsey BA(Hons, UEA); Lynette K. Hamblin BSc; Norman Hammond; Professor Thomas G. Harding PhD; Richard Harris; Dr Randall P. Harrison; Cyril Hart MA, PhD, FRICS, FIFor; Anthony P. Harvey; Nigel Hawkes BA(Oxon); F.P. Heath; Peter Hebblethwaite MA(Oxon), LicTheol; Frances Mary Heidensohn BA; Dr Alan Hill MC, FRCP; Robert Hillenbrand MA, DPhil; Professor F.H. Hinsley; Dr Richard Hitchcock; Dorothy Hollingsworth OBE, BSc, FRIC, FIBiol, FIFST, SRD; H.P. Hope BSc (Hons, Agric); Antony Hopkins CBE, FRCM, LRAM, FRSA; Brian Hook; Peter Howell BPhil, MA(Oxon); Brigadier K. Hunt; Peter Hurst BDS, FDS, LDS, RSCEd, MSc(London); Anthony Hyman MA, PhD; Professor R.S. Illingworth MD, FRCP, DPH, DCH; Oliver Impey MA, DPhil; D.E.G. Irvine PhD; L.M. Irvine BSc; Anne Jamieson cand mag(Copenhagen), MSc(London); Michael A. Janson BSc; Professor P.A. Jewell BSc(Agric), MA, PhD, FIBiol; Hugh Johnson; Commander I.E. Johnston RN; I.P. Jolliffe BSc, MSc, PhD, CompICE, FGS; Dr D.E.H. Jones ARCS, FCS; R.H. Jones PhD, BSc, CEng, MICE, FGS, MASCE; Hugh Kay; Dr Janet Kear; Sam Keen; D.R.C. Kempe BSc, DPhil, FGS; Alan Kendall MA(Cantab); Michael Kenward; John R. King BSc(Eng), DIC, CEng, MIProdE; D.G. King-Hele FRS; Professor J.F. Kirkaldy DSc; Malcolm Kitch; Michael Kitson MA; B.C. Lamb BSc, PhD; Nick Landon; Major J.C. Larminie QDG, Retd; Diana Leat BSc(Econ), PhD; Roger Lewin BSc, PhD; Harold K. Lipset; Norman Longmate MA(Oxon); John Lowry; Kenneth E. Lowther MA; Diana Lucas BA(Hons); Keith Lye BA, FRGS; Dr Peter Lyon; Dr Martin McCauley; Sean McConville BSc; D.F.M. McGregor BSc, PhD(Edin); Jean Macqueen PhD; William Baird MacQuitty MA(Hons), FRGS, FRPS; Jonathan Martin MA; Rev Canon E.L. Mascall DD; Christopher Maynard MSc, DTh; Professor A.J. Meadows; J.S.G. Miller MA, DPhil, BM, BCh; Alaric Millington BSc, DipEd, FIMA; Peter L. Moldon; Patrick Moore OBE; Robin Mowat MA, DPhil; J. Michael Mullin BSc; Alistair Munroe BSc, ARCS; Professor Jacob Needleman; Professor Donald M. Nicol MA, PhD; Gerald Norris; Caroline E. Oakman BA(Hons, Chinese); S. O'Connell MA(Cantab), MInstP; Michael Overman; Di Owen BSc; A.R.D. Pagden MA, FRHistS; Professor E.J. Pagel PhD; Carol Parker BA(Econ), MA(Internat. Aff.); Derek Parker; Julia Parker DFAstrolS; Dr Stanley Parker; Dr Colin Murray Parkes MD, FRC(Psych), DPM; Professor Geoffrey Parrinder MA, PhD, DD(London), DLitt(Lancaster); Moira Paterson; Walter C. Patterson MSc; Sir John H. Peel KCVO, MA, DM, FRCP, FRCS, FRCOG; D.J. Penn; Basil Peters MA, MInstP, FBIS; D.L. Phillips FRCR, MRCOG; B.T. Pickering PhD, DSc; John Picton; Susan Pinkus; Dr C.S. Pitcher MA, DM, FRCPath; Alfred Plaut FRCPsych; A.S. Playfair MRCS, LRCP, DObstRCOG; Dr Antony Polonsky; Joyce Pope BA; B.L. Potter NDA, MRAC, CertEd; Paulette Pratt; Antony Preston; Frank J. Pycroft; Margaret Quass; Dr John Reckless; Trevor Reese BA, PhD, FRHistS; Derek A. Reid BSc, PhD; Clyde Reynolds BSc; John Rivers; Peter Roberts; Colin A. Ronan MSc, FRAS; Professor Richard Rose BA(Johns Hopkins), DPhil(Oxon); Harold Rosenthal; T.G. Rosenthal MA(Cantab); Anne Ross MA, MA(Hons, Celtic Studies), PhD(Archaeol and Celtic Studies, Edin); Georgina Russell MA; Dr Charles Rycroft BA(Cantab), MB(London), FRCPsych; Susan Saunders MSc(Econ); Robert Schell PhD; Anil Seal MA, PhD(Cantab); Michael Sedgwick MA(Oxon); Martin Seymour-Smith BA(Oxon), MA(Oxon); Professor John Shearman; Dr Martin Sherwood; A.C. Simpson BSc; Nigel Sitwell; Dr Alan Sked; Julie and Kenneth Slavin FRGS, FRAI; Alec Xavier Snobel BSc(Econ); Terry Snow BA, ATCL; Rodney Steel; Charles S. Steinger MA, PhD; Geoffrey Stern BSc(Econ); Maryanne Stevens BA(Cantab), MA(London); John Stevenson DPhil, MA; J. Stidworthy MA; D. Michael Stoddart BSc, PhD; Bernard Stonehouse DPhil, MA, BSc, MInstBiol; Anthony Storr FRCP, FRCPsych; Richard Storry; Professor John Taylor; John W.R. Taylor FRHistS, MRAeS, FSLAET; R.B. Taylor BSc(Hons, Microbiol); J. David Thomas MA, PhD; Harvey Tilker PhD; Don Tills PhD, MPhil, MIBiol, FIMLS; Jon Tinker; M. Tregear MA; R.W. Trender; David Trump MA, PhD, FSA; M.F. Tuke PhD; Christopher Tunney MA; Laurence Urdang Associates (authentication and fact check); Sally Walters BSc; Christopher Wardle; Dr D. Washbrook; David Watkins; George Watkins MSc; J.W.N. Watkins; Anthony J. Watts; Dr Geoff Watts; Melvyn Westlake; Anthony White MA(Oxon), MAPhil(Columbia); P.J.S. Whitmore MBE, PhD; Professor G.R. Wilkinson; Rev H.A. Williams CR; Christopher Wilson BA; Professor David M. Wilson; John B. Wilson BSc, PhD, FGS, FLS; Philip Windsor BA, DPhil(Oxon); Professor M.J. Wise; Roy Wolfe BSc(Econ), MSc; Dr David Woodings MA, MRCP, MRCPath; Bernard Yallop PhD, BSc, ARCS, FRAS Professor John Yudkin MA, MD, PhD(Cantab), FRIC, FIBiol, FRCP.

هيئة تحرير بهجة المعرفة :

Editorial Director	**Frank Wallis**
Creative Director	**Ed Day**
Project Director	**Harold Bull**
Volume editors	
Science and The Universe	John Clark Lawrence Clarke
The Natural World	Ruth Binney
The Physical Earth	Erik Abranson Dougal Dixon
Man and Society	Max Monsarrat
History and Culture 1 & 2	John Tusa Roger Hearn
Time Chart	Jane Kenrick
Man and Machines	John Clark
Fact Index	Stephen Elliott Stanley Schindler John Clark
Art Director	Rod Stribley
Production Editor	Helen Yeomans
Assistant to the Project Director	Graham Darlow
Associate Art Director	Anthony Cobb
Art Buyer	Ted McCausland
Co-editions Manager	Averil Macintyre
Printing Manager	Bob Towell
Information Consultant	Jeremy Weston
Sub-Editors	Don Binney Arthur Butterfield Charyn Jones Jenny Mulherin Shiva Naipaul David Sharpe Jack Tresidder
Proof-Readers	Jeff Groman Anthony Livesey
Researchers	Peter Furtado Malcolm Hart Peter Kilkenny Ann Kramer Lloyd Lindo Heather Maisner Valerie Nicholson Elizabeth Peadon John Smallwood Jim Somerville
Senior Designer	Sally Smallwood
Designers	Rosamund Briggs Mike Brown Lynn Cawley Nigel Chapman Pauline Faulks Nicole Fothergill Juanita Grout Ingrid Jacob Carole Johnson Chrissie Lloyd Aean Pinheiro Andrew Sutterby
Senior Picture Researchers	Jenny Golden Kate Parish
Picture Researchers	Phyllida Holbeach Philippa Lewis Caroline Lucas Ann Usborne
Assistant to the Editorial Director	Judy Garlick
Assistant to the Section Editors	Sandra Creese
Editorial Assistants	Joyce Evison Miranda Grinling
Production Controllers	Jeremy Albutt John Olive Anthony Bonsels
Production Assistants	Nick Rochez John Swan

ساهم في إعداد بهجة المعرفة :

Fabian Acker CEng, MIEE, MIMarE; Professor H.C. Allen MC; Leonard Amey OBE; Neil Ardley BSc; Professor H.R.V. Arnstein DSc, PhD, FIBiol; Russell Ash BA(Dunelm), FRAI; Norman Ashford PhD, CEng, MICE, MASCE, MCIT; Professor Robert Ashton; B.W. Atkinson BSc, PhD; Anthony Atmore BA; Professor Philip S. Bagwell BSc(Econ), PhD; Peter Ball MA; Edwin Banks MIOP; Professor Michael Banton; Dulan Barber; Harry Barrett; Professor J.P. Barron MA, DPhil, FSA; Professor W.G. Beasley FBA; Alan Bender PhD, MSc, DIC, ARCS; Lionel Bender BSc; Israel Berkovitch PhD, FRIC, MIChemE; David Berry MA; M.L. Bierbrier PhD; A.T.E. Binsted FBBI (Dipl); David Black; Maurice E.F. Block BA, PhD(Cantab); Richard H. Bomback BSc (London), FRPS; Basil Booth BSc(Hons), PhD, FGS, FRGS; J. Harry Bowen MA(Cantab), PhD(London); Mary Briggs MPS, FLS; John Brodrick BSc (Econ); J.M. Bruce ISO, MA, FRHistS, MRAeS; Professor D.A. Bullough MA, FSA, FRHistS; Tony Buzan BA(Hons) UBC; Dr Alan R. Cane; Dr J.G. de Casparis; Dr Jeremy Catto MA; Denis Chamberlain; E.W. Chanter MA; Professor Colin Cherry DSc(Eng), MIEE; A.H. Christie MA, FRAI, FRAS; Dr Anthony W. Clare MPhil(London), MB, BCh, MRCPI, MRCPsych; Sonia Cole; John R. Collis MA, PhD; Professor Gordon Connell-Smith BA, PhD, FRHistS; Dr A.H. Cook FRS; Professor A.H. Cook FRS; J.A.L. Cooke MA, DPhil; R.W. Cooke BSc, CEng, MICE; B.K. Cooper; Penelope J. Corfield MA; Robin Cormack MA, PhD, FSA; Nona Coxhead; Patricia Crone BA, PhD; Geoffrey P. Crow BSc(Eng), MICE, MIMunE, MInstHE, DIPTE; J.G. Crowther; Professor R.B. Cundall FRIC; Noel Currer-Briggs MA, FSG; Christopher Cviic BA(Zagreb),



الشركة العامة للنشر والتوزيع والاعلان

الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية

طرابلس



PRINTED IN ITALY
1 / 6 / 1979

